

06-28-04

JFW

Express Mail No. EV 346 811 238 US

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of: Bruno GHYSELEN et al.

Confirmation No. 2494

Application No.: 10/784,016

Group Art Unit: 2811

Filing Date: February 20, 2004

Examiner:

For: FORMING STRUCTURES THAT INCLUDE A
RELAXED OR PSEUDO-RELAXED LAYER ON
A SUBSTRATE

Atty. Docket No.: 4717-10000

SUBMISSION OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450

Sir:

Applicants have claimed priority under 35 U.S.C. § 119 of French Application No. 0302518 filed February 28, 2003 in France. In support of this claim, a certified copy of said application is submitted herewith.

No fee or certification is believed to be due for this submission. Should any fees be required, however, please charge such fees to **Winston & Strawn LLP** Deposit Account No. 50-1814.

Respectfully submitted,

Date:

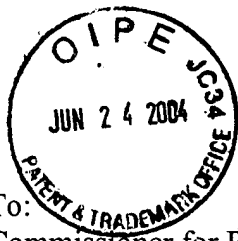
6/24/04

Allan A. Fanucci (Reg. No. 30,256)

WINSTON & STRAWN LLP
CUSTOMER NO. 28765
(212) 294-3311

Enclosure

THIS PAGE BLANK (USPTO)



EXPRESS MAIL LIST

To:
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

The following items listed below are being filed herewith with the USPTO on **June 24, 2004**.

| Express Mail No. EV 346 811 238 US | | | |
|---|----------------------------------|--|--------------------------------|
| Attorney Docket No. | Appln. Serial No./ Patent No. | Items - Documents filed on <u>June 24, 2004</u> | Patent Fees- Acct. #50-1814 |
| 4717-10000 | 10/784,016 | Submission of Certified Priority Document FR 0302518 | \$0 |

***Please acknowledge receipt of these items as received by returning
the enclosed postcards with the date of receipt of June 24, 2004.***

NY:868111.12



THIS PAGE BLANK (USPTO)



BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 03 MARS 2004

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr

THIS PAGE BLANK (USPTO)



26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354*03

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE page 1/2



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

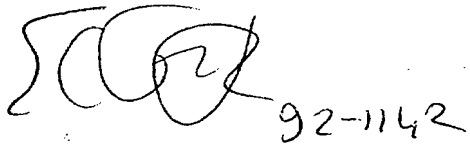

DB 540 W / 210502

| | | | |
|---|----------------------|--|------|
| REMISE DES PIÈCES DATE 28 FEV 2003 LIEU 75 INPI PARIS B N° D'ENREGISTREMENT 0302518 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE 28 FEV. 2003 PAR L'INPI | | 1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE Cabinet REGIMBEAU 20, rue de Chazelles 75847 PARIS CEDEX 17 FRANCE | |
| Vos références pour ce dossier <i>(facultatif)</i> 240390 D21016 OC | | | |
| Confirmation d'un dépôt par télécopie | | <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie | |
| 2 NATURE DE LA DEMANDE | | Cochez l'une des 4 cases suivantes | |
| Demande de brevet | | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| Demande de certificat d'utilité | | <input type="checkbox"/> | |
| Demande divisionnaire | | <input type="checkbox"/> | |
| <i>Demande de brevet initiale</i> <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i> | | N° | Date |
| | | N° | Date |
| Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i> | | <input type="checkbox"/> | Date |
| | | N° | Date |
| 3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) RELAXATION D'UNE COUCHE MINCE APRES TRANSFERT. | | | |
| 4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE | | Pays ou organisation Date <input type="text"/> N° Pays ou organisation Date <input type="text"/> N° Pays ou organisation Date <input type="text"/> N° <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite» | |
| 5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases) | | <input checked="" type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique | |
| Nom ou dénomination sociale | | S.O.I.TEC SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES | |
| Prénoms | | | |
| Forme juridique | | SOCIETE ANONYME | |
| N° SIREN | | 384711909 | |
| Code APE-NAF | | | |
| Domicile ou siège | Rue | Parc Technologique des Fontaines - Chemin des Franques, 38190 BERNIN | |
| | Code postal et ville | | |
| | Pays | FRANCE | |
| Nationalité | | Française | |
| N° de téléphone <i>(facultatif)</i> | | N° de télécopie <i>(facultatif)</i> | |
| Adresse électronique <i>(facultatif)</i> | | | |
| <input type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite» | | | |

Remplir impérativement la 2^{ème} page

**BREVET D'INVENTION
 CERTIFICAT D'UTILITÉ**
REQUÊTE EN DÉLIVRANCE
 page 2/2

BR2

| | | | |
|--|----------------------|---|-------------------|
| REMISE DES PIÈCES DATE 28 FEV 2003 LIEU 75 INPI PARIS B N° D'ENREGISTREMENT 0302518 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI | | Réservé à l'INPI | DB 540 W / 210502 |
| 6 MANDATAIRE (s'il y a lieu) | | 240390-OC | |
| Nom | | | |
| Prénom | | | |
| Cabinet ou Société | | Cabinet REGIMBEAU | |
| N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel | | | |
| Adresse | Rue | 20, rue de Chazelles | |
| | Code postal et ville | 75847 PARIS CEDEX 17 | |
| | Pays | | |
| N° de téléphone (facultatif) | | 01 44 29 35 00 | |
| N° de télécopie (facultatif) | | 01 44 29 35 99 | |
| Adresse électronique (facultatif) | | info@regimbeau.fr | |
| 7 INVENTEUR (S) | | Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques | |
| Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes | | <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s) | |
| 8 RAPPORT DE RECHERCHE | | Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation) | |
| Établissement immédiat ou établissement différé | | <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | |
| Paiement échelonné de la redevance (en deux versements) | | Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non | |
| 9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES | | Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence): AG <input type="text"/> | |
| 10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS | | <input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences | |
| Le support électronique de données est joint | | <input type="checkbox"/> | |
| La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe | | <input type="checkbox"/> | |
| Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes | | | |
| 11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) | | VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI | |
|  | |  | |

La présente invention concerne la formation sur un substrat d'une couche relaxée ou pseudo-relaxée, la couche relaxée étant en un matériau choisi parmi les matériaux semiconducteurs, afin de former une structure finale destinée à l'électronique, l'optique ou l'optoélectronique telle que par exemple
5 une structure semiconducteur-sur-isolant.

La présente invention comprend en particulier la formation d'une couche contrainte sur et par la couche relaxée.

Par exemple, une couche de Si contraint par une couche de SiGe relaxée ou pseudo-relaxée peut à cet égard atteindre des propriétés
10 intéressantes telles qu'une mobilité des porteurs de charges de l'ordre de 100% plus importante que celle présente au sein d'une couche de Si relaxé.

On dit ici qu'une couche est « relaxée » si le matériau cristallin qui la constitue a un paramètre de maille sensiblement identique à son paramètre de maille nominal, c'est à dire au paramètre de maille du matériau sous sa forme
15 massive à l'équilibre.

A l'inverse, on appelle couche « contrainte » toute couche d'un matériau cristallin dont la structure cristalline est contrainte élastiquement en tension ou en compression lors d'une croissance cristalline, telle qu'une épitaxie, obligeant son paramètre de maille à être sensiblement différent du paramètre de maille
20 nominal de ce matériau.

Il est connu de former sur un substrat une couche relaxée, en mettant notamment en œuvre un procédé comprenant les étapes suivantes :

- (1) épitaxie d'une couche mince en matériau semiconducteur sur un substrat donneur ;
- 25 (2) collage d'un substrat récepteur au niveau de la couche mince ;
- (3) enlèvement du substrat donneur.

On peut ainsi réaliser une structure semiconducteur-sur-isolant, dans laquelle l'épaisseur semiconductrice est constituée au moins en partie de ladite couche mince relaxée et la couche isolante étant habituellement formée lors
30 d'une étape intermédiaire à l'étape (1) et à l'étape (2).

La réalisation de la relaxation de la couche mince peut être réalisée :

- au cours de la mise en œuvre de l'étape (1) ; ou
- lors d'un traitement ultérieur.

Dans le premier cas, il est connu d'utiliser un substrat donneur constitué
5 d'un substrat support et d'une couche tampon, la couche tampon confinant des déformations plastiques pour que la couche mince sus-épitaxiée soit relaxée de toute contrainte. De tels procédés sont par exemple décrits dans les documents US 2002/0072130 et WO 99/53539.

Cependant, une couche tampon est souvent longue et coûteuse à
10 réaliser.

Dans le deuxième cas, le substrat donneur ne comprend pas de couche tampon et l'étape (1) consiste alors à faire croître la couche mince de sorte qu'elle soit contrainte par le substrat donneur.

Ainsi, par exemple, on fera croître une couche de SiGe directement sur
15 un substrat de Si, sur une épaisseur telle que la couche de SiGe soit globalement contrainte.

Une première technique de relaxation de la couche de SiGe, notamment décrite dans le document de B. Höllander et col. intitulé « Strain relaxation of pseudomorphic $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ / Si(100) heterostructures after hydrogen or helium ion
20 implantation for virtual substrate fabrication » (dans Nuclear and Instruments and Methods in Physics Research B 175-177 (2001) 357 – 367) consiste à relaxer, avant la mise en œuvre de l'étape (2), la couche de SiGe par implantation d'ions hydrogène ou d'hélium dans le substrat en Si à une profondeur déterminée.

25 Cependant, les taux de relaxation habituellement obtenus par cette première technique restent assez bas par rapport aux autres techniques.

L'étude d'une deuxième technique est notamment divulguée dans le document intitulé « Compliant Substrates :A comparative study of the relaxation

mechanisms of strained films bonded to high and low viscosity » de Hobart et col. (Journal of electronic materials, vol.29, n°7, 2000).

Après enlèvement du substrat donneur lors de l'étape (3), est mis en œuvre un traitement thermique pour relaxer ou pseudo-relaxer une couche de
5 SiGe contraint collée lors de l'étape (2) à un verre BPSG (abréviation anglo-saxonne de « borophosphoro silicate glass »).

Au cours du traitement thermique, la couche contrainte semble ainsi se relaxer par l'intermédiaire de la couche de verre devenue visqueuse à la température du traitement.

10 Cependant, cette dernière technique implique une relaxation de la couche mince en SiGe lorsque celle-ci est à nu.

Or, une exposition d'une telle couche de SiGe (à nu) à une atmosphère gazeuse pendant un traitement thermique (tel qu'un recuit RTA, une oxydation sacrificielle ou un recuit de guérison) peut s'avérer catastrophique quant à la
15 qualité de cette couche, le Ge contenu dans la couche pouvant notamment diffuser vers l'extérieur (pouvant amener la couche à se décomposer) et la couche pouvant être polluée par des contaminants extérieurs.

En outre, une telle couche de SiGe est en surface et peut donc devoir subir des traitements tels que des traitements de finition (polissage, lissage, oxydation, nettoyages, etc.).
20

Or ces traitements pour le SiGe sont moins bien maîtrisés que pour le Si.

Et ce manque de maîtrise du travail sur le SiGe apporte alors des difficultés supplémentaires pour la réalisation de la structure souhaitée.

25 La présente invention tente de vaincre ces difficultés en proposant selon un premier aspect un procédé de formation sur un substrat d'une couche relaxée ou pseudo-relaxée, la couche relaxée étant en un matériau choisi parmi les matériaux semiconducteurs, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- (a) faire croître sur un substrat donneur une couche contrainte élastiquement constituée du matériau choisi parmi les matériaux semiconducteurs ;
- 5 (b) former sur la couche contrainte ou sur un substrat récepteur, une couche vitreuse constituée d'un matériau visqueux à partir d'une température de viscosité ;
- (c) coller le substrat récepteur à la couche contrainte par l'intermédiaire de la couche vitreuse ;
- 10 (d) enlever une partie du substrat donneur, pour former une structure comprenant le substrat récepteur, la couche vitreuse, la couche contrainte et la partie non enlevée du substrat donneur qui forme ainsi une couche de surface ;
- (e) traiter thermiquement la structure à une température voisine ou supérieure à la température de viscosité.
- 15 D'autres caractéristiques du procédé de formation sur un substrat d'une couche relaxée ou pseudo-relaxée sont :
 - après l'étape (d), un traitement contrôlé est mis en œuvre pour transformer au moins une partie de la couche de surface en matériau visqueux à partir de la deuxième température de viscosité, formant ainsi une deuxième
 - 20 couche vitreuse ;
 - l'étape (e) est mise en œuvre pendant ou en continuité après la formation de la deuxième couche vitreuse ;
 - après l'étape (e), est mise en œuvre une étape d'enlèvement de la deuxième couche vitreuse ;
 - 25 – une dernière étape de croissance cristalline, sur la structure, d'un matériau choisi parmi les matériaux semiconducteurs est mise en œuvre ;
 - l'étape (b) comprend les deux opérations successives suivantes :
 - (b1) faire croître une couche en matériau semiconducteur sur la couche contrainte ;

(b2) réaliser un traitement contrôlé pour transformer au moins une partie de la couche formée à l'étape (b1), en matériau visqueux à partir de la température de viscosité, formant ainsi la couche vitreuse ;

- 5 – la couche vitreuse formée en (b) est isolante électriquement et la structure formée est une structure semiconducteur-sur-isolant, dont l'épaisseur semiconductrice comprend la couche contrainte ayant été relaxée ou pseudo-relaxée lors de l'étape (e).

10 Selon un deuxième aspect, l'invention propose une structure obtenue au cours dudit procédé de formation sur un substrat d'une couche relaxée ou pseudo-relaxée, comprenant successivement :

- un substrat ;
- une première couche vitreuse ;
- une couche enterrée en matériau choisi parmi les matériaux semiconducteurs ;
- 15 • une deuxième couche vitreuse.

D'autres aspects, buts et avantages de la présente invention apparaîtront mieux à la lecture de la description détaillée suivante de mise en œuvre de procédés préférés de celle-ci, donnés à titre d'exemple non limitatif et faits en référence aux dessins annexés sur lesquels :

20 Les figures 1a à 1i représentent les différentes étapes d'un premier procédé selon l'invention.

Les figures 2a à 2i représentent les différentes étapes d'un deuxième procédé selon l'invention.

25 Les figures 3a à 3i représentent les différentes étapes d'un troisième procédé selon l'invention.

Les figures 4a à 4i représentent les différentes étapes d'un quatrième procédé selon l'invention.

Les figures 5a à 5h représentent les différentes étapes d'un cinquième procédé selon l'invention.

Les figures 6a à 6h représentent les différentes étapes d'un sixième procédé selon l'invention.

Un premier objectif de la présente invention consiste à former une
5 couche utile relaxée ou pseudo-relaxée sur un substrat.

Un deuxième objectif de la présente invention consiste à former sur la couche relaxée ou pseudo-relaxée une couche utile de matériau contraint.

Une « couche utile » selon l'invention est une couche destinée à recevoir des composants pour l'électronique, l'optique, ou l'optoélectronique
10 lors de traitements ultérieurs à la mise en œuvre du procédé selon l'invention.

Un troisième objectif de l'invention est de protéger tout au long de la mise en œuvre du procédé selon l'invention, et notamment lors de traitements thermiques, la couche à relaxer ou à pseudo-relaxer, de l'atmosphère environnant la structure dans laquelle elle est comprise, afin d'éviter qu'au
15 moins une des espèces atomiques du matériau qui la constitue puisse diffuser.

Un quatrième objectif de l'invention est de pouvoir mettre en œuvre des techniques variées de finition de surface sur la structure souhaitée en cours de réalisation sans porter atteinte à la qualité de la couche à relaxer ou à pseudo-relaxer.

20 Ce quatrième objectif est notamment à atteindre dans le cas particulier où la couche à relaxer ou à pseudo-relaxer est en $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$, et que l'on souhaite utiliser des techniques de traitements variés sur la structure, habituellement mises en œuvre sur des structures ou des couches en Si.

Le procédé selon l'invention comprend les trois étapes principales (1),
25 (2) et (3) précédemment évoquées.

En référence aux figures 1a à 1i, est décrit un procédé préféré selon l'invention.

En référence à la figure 1a, est représentée une plaquette source 10 conforme à l'invention.

La plaquette 10 est constituée d'un substrat donneur 1 et d'une couche contrainte en $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 2.

Dans une première configuration du substrat donneur 1, ce dernier est constitué entièrement de Si monocristallin ayant le premier paramètre de maille.

5 Ce substrat donneur 1 est alors avantageusement réalisé par croissance de Czochralski.

Dans une deuxième configuration du substrat donneur 1, ce dernier est un pseudo-substrat comprenant une couche supérieure en Si (non représentée sur la figure 1), présentant une interface avec la couche contrainte 2 et ayant un
10 premier paramètre de maille au niveau de son interface avec la couche contrainte 2.

Le premier paramètre de maille de la couche supérieure est avantageusement le paramètre de maille nominal du Si, afin que celui-ci soit dans un état relaxé.

15 La couche supérieure a en outre une épaisseur suffisamment importante pour pouvoir imposer son paramètre de maille à la couche contrainte 2 sus-jacente, sans que cette dernière n'influence sensiblement la structure cristalline de la couche supérieure du substrat donneur 1.

Quelle que soit la configuration choisie pour le substrat donneur 1, ce
20 dernier a une structure cristalline avec une densité de défauts structuraux, telles que des dislocations, faible.

Préférentiellement, la couche contrainte 2 n'est constituée que d'une seule épaisseur de $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$.

La concentration de Ge dans cette couche contrainte 2 est
25 préférentiellement supérieure à 10 %, soit une valeur de x supérieure à 0,10.

Le Ge ayant un paramètre de maille supérieur d'environ 4,2 % au Si, le matériau choisi pour constituer cette couche contrainte 2 a ainsi un deuxième paramètre de maille nominal qui est sensiblement supérieur au premier paramètre de maille.

La couche contrainte 2 formée est alors contrainte élastiquement en compression par le substrat donneur 1, c'est à dire qu'elle est contrainte d'avoir un paramètre de maille sensiblement inférieur du deuxième paramètre de maille nominal du matériau la constituant, et donc d'avoir un paramètre de maille
5 voisin du premier paramètre de maille.

La couche contrainte 2 a en outre préférentiellement une composition d'éléments atomiques sensiblement constante.

La couche contrainte 2 est avantageusement formée sur le substrat donneur 1 par croissance cristalline, telle qu'une épitaxie en utilisant les
10 techniques connues comme par exemple les techniques LPD, CVD et MBE (abréviations respectives de « Chemical Vapor Deposition » et « Molecular Beam Epitaxy »).

Pour obtenir une telle couche contrainte 2 sans trop de défauts cristallographiques, comme par exemple des défauts ponctuels ou des défauts
15 étendus tels que des dislocations, il est avantageux de choisir les matériaux cristallins constituant le substrat donneur 1 et la couche contrainte 2 (au voisinage de son interface avec le substrat support 1) de sorte qu'ils présentent une différence entre leur premier et leur deuxième paramètres de maille nominaux respectifs suffisamment faible.

20 Par exemple, cette différence de paramètre de maille est typiquement comprise entre environ 0,5 % et environ 1,5 %, mais peut aussi présenter des valeurs plus importantes.

Par exemple, le $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ avec $x=0,3$ a un paramètre de maille nominal supérieur d'environ 1,15 % à celui du Si.

25 D'autre part, il est préférable que la couche contrainte 2 ait une épaisseur sensiblement constante, afin qu'elle présente des propriétés intrinsèques sensiblement constantes et/ou pour faciliter le futur collage avec le substrat récepteur 5 (tel que représenté sur la figure 1e).

Pour éviter une relaxation de la couche contrainte 2 ou une apparition de déformations internes de type plastique, l'épaisseur de cette dernière doit en outre rester inférieure à une épaisseur critique de contrainte élastique.

Cette épaisseur critique de contrainte élastique dépend principalement
5 du matériau choisi pour la couche contrainte 2 et de ladite différence de paramètre de maille avec le substrat donneur 1.

Mais elle dépend aussi de paramètres de croissance tels que la température à laquelle elle a été formée, des sites de nucléation à partir desquels elle a été épitaxiée, ou des techniques de croissance employées (par
10 exemple CVD ou MBE).

En ce qui concerne des valeurs d'épaisseur critique pour des couches de $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$, on pourra notamment se référer au document intitulé « High-mobility Si and Ge structures » de Friedrich Schaffler (« Semiconductor Science Technology » 12 (1997) 1515-1549).

15 Pour les autres matériaux, l'homme du métier se référera à l'état de la technique pour connaître la valeur de l'épaisseur critique de contrainte élastique du matériau qu'il choisit pour la couche contrainte 2 formée sur le substrat donneur 1.

Ainsi, une couche de $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ avec x compris entre 0,10 et 0,30, a une
20 épaisseur typique comprise entre environ 200 Å et 2000 Å, préférentiellement entre 200 Å et 500 Å en adaptant notamment les paramètres de croissance.

Une fois formée, la couche contrainte 2 a donc un paramètre de maille sensiblement voisin de celui de son substrat de croissance 1 et présente des contraintes élastiques internes en compression.

25 En référence à la figure 1c, on forme sur la couche contrainte 2 une couche vitreuse 4 selon un premier mode de réalisation de la couche vitreuse 4.

Le matériau constituant la couche vitreuse 4 est tel qu'il devient visqueux à partir d'une température de viscosité T_G .

Le matériau de la couche vitreuse 4 est avantageusement un des
30 matériaux suivants : BPSG, SiO_2 , SiON.

Lors de la formation d'une couche vitreuse 4 en SiO_xN_y , on pourra avantageusement jouer sur la valeur de y , afin de faire évoluer la température de viscosité T_G qui est pour ce matériau sensiblement fonction de la composition de l'azote.

5 Ainsi, avec une composition y croissante, il est alors possible de faire évoluer le T_G de la couche vitreuse 4 typiquement entre un T_G de l'ordre de celui du SiO_2 (qui peut varier autour de 1150°C) et un T_G de l'ordre de celui du Si_3N_4 (qui est supérieur à 1500°C).

En jouant sur y , on peut ainsi couvrir une large gamme de T_G .

10 Les valeurs T_G de la couche vitreuse 4, si elles dépendent essentiellement du matériau de la couche vitreuse, peut aussi fluctuer selon les conditions dans lesquelles elle a été formée.

Dans un cas de figure avantageux, on pourra ainsi adapter les conditions de formation de la couche vitreuse 4 de façon contrôlée de sorte à sélectionner
15 une T_G « à la carte ».

On pourra ainsi jouer sur les paramètres de dépôt, telles que la température, le temps, le dosage et le potentiel de l'atmosphère gazeuse, etc.

Des éléments de dopage pourront ainsi être ajoutés aux éléments principaux gazeux contenus dans l'atmosphère de vitrification, tels que du Bore et du Phosphore qui peuvent avoir la faculté de diminuer la T_G .
20

Il est important que la couche contrainte 2 soit recouverte par la couche vitreuse 4 avant que :

- le germanium contenu dans la couche contrainte 2 ne puisse diffuser dans l'atmosphère ; et que
- 25 — la couche contrainte 2 soit polluée de façon significative ; et que
- la surface de la couche contrainte 2 devienne réactive de façon incontrôlée ;

notamment lorsque l'ensemble subit un traitement thermique à haute température, tel qu'un traitement de recuit de type RTA, ou un traitement d'oxydation sacrificielle.

5 Dans un mode de réalisation préféré de la couche vitreuse 4, on met en œuvre les étapes suivantes sur la couche contrainte 2 :

- (b1) en référence à la figure 1b, croissance d'une couche 3 en matériau semiconducteur sur la couche contrainte 2 ; puis
- (b2) en référence à la figure 1c, mise en œuvre d'un traitement contrôlé pour transformer au moins une partie de la couche formée à l'étape 10 (b1), en matériau visqueux à partir de la température de viscosité, formant ainsi la couche vitreuse 4.

Le matériau choisi pour la couche 3 est avantageusement en Si afin de ne pas modifier la contrainte dans la couche contrainte 2.

15 L'épaisseur de la couche 3 formée est typiquement comprise entre environ 5 Å et environ 5000 Å, plus particulièrement entre environ 100 Å et environ 1000 Å.

Pour les mêmes raisons que celles explicitées plus haut, la croissance cristalline lors de l'étape (b1) de la couche 3 est préférentiellement mise en œuvre avant diffusion du Ge, c'est à dire à court terme après :

- 20 • la formation de la couche contrainte 2 si la température de formation de la couche contrainte 2 est maintenue ; ou
- une remontée en température postérieure à une redescente à température ambiante ayant été faite immédiatement après la formation de la couche contrainte 2.

25 La méthode préférentielle pour faire croître la couche 3 est une croissance in situ directement en continuation de la croissance de la couche contrainte 2.

La technique de croissance utilisée lors de l'étape (b1) peut être une technique d'épitaxie LPD, CVD ou MBE.

La couche vitreuse 4 peut être réalisée par traitement thermique sous atmosphère à composition déterminée.

Ainsi, une couche 3 en Si peut subir lors de l'étape (b2) un traitement d'oxydation thermique contrôlé afin de transformer cette couche 3 en une
5 couche vitreuse 4 en SiO_2 .

Pendant cette dernière étape, il est important de doser précisément les paramètres du traitement oxydant (tels que la température, la durée, la concentration en oxygène, les autres gaz de l'atmosphère oxydante, etc.) afin de contrôler l'épaisseur d'oxyde formé, et d'arrêter l'oxydation au voisinage de
10 l'interface entre les deux couches 2 et 3.

Pour une telle oxydation thermique, on utilisera de préférence une atmosphère d'oxygène sèche ou de vapeur d'eau, à une pression égale ou supérieure à 1 atm.

On préférera alors jouer sur la durée d'oxydation pour contrôler
15 l'oxydation de la couche 3.

Cependant, ce contrôle peut se faire en jouant sur un ou plusieurs autres paramètres, en combinaison ou non avec le paramètre temps.

On pourra notamment se référer au document US 6 352 942 pour plus de précisions quant à ce mode de réalisation d'une telle couche vitreuse 4 de
20 SiO_2 sur une couche de SiGe.

Selon un deuxième mode de réalisation de la couche vitreuse 4, et en remplacement desdites deux étapes (b1) et (b2) référencées respectivement par les figures 1b et 1c, est mis en œuvre un dépôt d'espèces atomiques par des moyens de dépôts d'espèces atomiques sur la couche contrainte 2.

25 Dans un premier cas, on déposera directement des espèces atomiques constituées du matériau vitreux.

Ainsi, on peut par exemple déposer des molécules de SiO_2 afin de former la couche vitreuse 4 en SiO_2 .

Dans un deuxième cas, seront mises en œuvre les opérations suivantes :

- déposition d'espèces atomiques de Si amorphe pour former une couche de Si amorphe ; puis :
- oxydation thermique cette couche de Si amorphe et réaliser ainsi une couche vitreuse 4 en SiO_2 .

5 Quelque soit l'un ou l'autre de ces cas de dépôt choisi, le dépôt des espèces atomiques doit être réalisé avant diffusion du Ge, pollution et réactivation incontrôlée de surface de la couche contrainte 2, et notamment si la couche contrainte 2 reste entre-temps à température élevée.

10 En référence aux figures 1d, 1e et 1f, sont représentées des étapes de prélèvement de la couche contrainte 2 et de la couche vitreuse 4 à partir du substrat donneur 1 pour les transférer sur un substrat récepteur 7.

A cet effet, le procédé selon l'invention met en œuvre une technique composée de deux étapes principales successives :

- un collage du substrat récepteur 7 avec la couche vitreuse 4 ;
- 15 • un enlèvement d'une partie du substrat donneur 1.

En référence à la figure 1e, ledit collage est mis en œuvre.

Avant collage, une étape optionnelle de formation d'une couche de collage sur au moins une des deux surfaces à coller peut être mise en œuvre, cette couche de collage ayant des propriétés liantes, à température ambiante ou à des températures plus élevées.

20

Ainsi, par exemple, une formation d'une couche de SiO_2 pourra améliorer la qualité du collage, notamment si l'autre surface à coller est en SiO_2 ou en Si.

Cette couche de collage en SiO_2 est alors avantageusement réalisée par dépôt d'espèce atomiques de SiO_2 ou par oxydation thermique de la surface à coller si la surface de ce dernier est en Si.

25

Une étape de préparation des surfaces à coller est, préalablement au collage, avantageusement mise en œuvre afin de rendre ces surfaces les plus lisses et les plus propres possibles.

Des traitements chimiques adaptés de nettoyage des surfaces à coller pourront être mis en œuvre, tels que des faibles gravures chimiques, un traitement RCA, des bains ozonés, des rinçages, etc.

Des traitements mécaniques ou mécano-chimiques peuvent aussi être mis en œuvre, tels qu'un polissage, une abrasion, une CMP (abréviation anglo-saxonne de « Chemical Mechanical Planarization ») ou un bombardement d'espèces atomiques.

L'opération de collage en tant que telle s'effectue par une mise en contact des surfaces à coller.

Les liaisons de collage sont préférentiellement de nature moléculaire en utilisant des propriétés hydrophiles des surfaces à coller.

Pour attribuer ou accentuer les propriétés hydrophiles des surfaces à coller, des trempages préalables des deux structures à coller dans des bains peuvent être mis en œuvre, tels que par exemple un rinçage à l'eau dé-ionisée.

Un recuit de l'ensemble collé peut en outre être mis en œuvre pour renforcer les liaisons de collage, par exemple en modifiant la nature des liaisons de collage, telles que des liaisons de covalence ou autres liaisons.

Ainsi, dans le cas où la couche vitreuse 4 est en SiO_2 , un recuit peut accentuer les liaisons de collage, notamment si une couche de collage en SiO_2 a été formée préalablement au collage sur le substrat récepteur 7.

Pour plus de précisions quant aux techniques de collage, on pourra se référer notamment au document intitulé « Semiconductor Wafer Bonding » (Science and technology, Interscience Technology) par Q. Y. Tong, U. Gösele et Wiley.

Une fois l'ensemble collé, est mis en œuvre un enlèvement de matière préféré selon l'invention, qui consiste à détacher une partie du substrat donneur 1 au niveau d'une zone de fragilisation 6 présente dans le substrat donneur 1, par apport d'énergie.

En référence aux figures 1d et 1e, cette zone de fragilisation 6 est une zone sensiblement parallèle à la surface de collage, et présente des fragilités

de liaisons entre la partie inférieure 1A du substrat donneur 1 et la partie supérieure 1B du substrat donneur 1, ces liaisons fragiles étant susceptibles d'être rompues sous un apport d'une énergie, telle qu'une énergie thermique ou mécanique.

- 5 Selon un premier mode de réalisation de la zone de fragilisation 6, est mise en œuvre une technique nommée Smart-Cut® et comprenant en premier lieu une implantation d'espèces atomiques dans le substrat donneur 1, au niveau de la zone de fragilisation 6.

10 Les espèces implantées peuvent être de l'hydrogène, de l'hélium, un mélange de ces deux espèces ou d'autres espèces légères.

 L'implantation a lieu de préférence juste avant collage.

15 L'énergie d'implantation est choisie pour que les espèces, implantées à travers la surface de la couche vitreuse 4, traversent l'épaisseur de la couche vitreuse 4, l'épaisseur de la couche contrainte 2 et une épaisseur déterminée de la partie supérieure 1B du substrat récepteur 1.

 Il est préférable d'implanter dans le substrat donneur 1 suffisamment profondément pour que la couche contrainte 2 ne subisse pas de dommages lors de l'étape de détachement du substrat donneur 1.

20 La profondeur d'implant dans le substrat donneur est ainsi typiquement de 1000 Å environ.

 La fragilité des liaisons dans la zone de fragilisation 6 est trouvée principalement par le choix du dosage des espèces implantées, le dosage étant ainsi typiquement compris entre 10^{16} cm^{-2} et 10^{17} cm^{-2} , et plus précisément entre environ $2 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-2}$ et environ $7 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-2}$.

25 Le détachement au niveau de cette zone de fragilisation 6 s'effectue alors habituellement par apport d'énergie mécanique et/ou thermique.

 Pour plus de précisions quant au procédé Smart-Cut®, on se référera notamment au document intitulé « Silicon-On-Insulator Technology : Materials to VLSI, 2nd Edition » de J.-P. Colinge édité chez « Kluwer Academic Publishers », p.50 et 51.

30

Selon un deuxième mode de réalisation de la zone de fragilisation 6, est mise en œuvre une technique notamment décrite dans le document EP 0 849 788.

La couche de fragilisation 6 est ici réalisée avant la formation de la
5 couche contrainte 2, et lors de la formation du substrat donneur 1.

La réalisation de la couche de fragilisation comprend les opérations principales suivantes :

- formation d'une couche poreuse sur un substrat support 1A de Si ;
- croissance d'une couche 1B de Si sur la couche poreuse.

10 L'ensemble substrat support 1A – couche poreuse – couche 1B de Si constitue alors le substrat donneur 1, et la couche poreuse constitue alors la zone de fragilisation 6 du substrat donneur 1.

Un apport d'énergie, tel qu'un apport d'énergie thermique et/ou mécanique, au niveau de la zone de fragilisation 6 poreuse, conduit alors à un
15 détachement le substrat support 1A de la couche 1B.

La technique préférée selon l'invention d'enlèvement de matière au niveau d'une zone de fragilisation 6, réalisée selon un des deux modes de réalisation non limitatif ci-dessus, permet ainsi de retirer rapidement et en bloc une partie importante du substrat donneur 1.

20 Elle permet aussi de pouvoir réutiliser la partie retirée 1A du substrat donneur 1 dans un autre procédé, comme par exemple un procédé selon l'invention.

Ainsi, une reformation d'une couche contrainte 2 sur la partie retirée 1A et d'une éventuelle autre partie d'un substrat donneur et/ou d'autres couches
25 peut être mise en œuvre, de préférence après un polissage de la surface de la partie retirée 1A.

En référence à la figure 1f, après détachement de la partie restante 1B de la partie enlevée 1A du substrat donneur 1, est mis en œuvre un enlèvement de matière de finition permettant d'enlever la partie restante 1B.

Des techniques de finition telles qu'un polissage, une abrasion, une planarisation CMP, un recuit thermique RTA, une oxydation sacrificielle, une gravure chimique, prises seules ou en combinaison peuvent être mises en œuvre pour enlever cette partie 1B et parfaire l'empilement (renforcement de l'interface de collage, élimination de rugosités, guérison de défauts, etc.).

De manière avantageuse, l'enlèvement de matière de finition met en œuvre au moins en fin d'étape une gravure chimique sélective, prise en combinaison ou non avec des moyens mécaniques.

Ainsi, des solutions à base de KOH, NH_4OH (hydroxyde d'ammonium), TMAH, EDP ou HNO_3 ou des solutions actuellement à l'étude combinant des agents tels que HNO_3 , $\text{HNO}_2\text{H}_2\text{O}_2$, HF, H_2SO_4 , H_2SO_2 , CH_3COOH , H_2O_2 , et H_2O (comme expliqué dans le document WO 99/53539, page 9) pourront être avantageusement employées pour graver sélectivement la partie 1B en Si vis à vis de la couche contrainte 2 en $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$.

Après l'étape de collage, une autre technique d'enlèvement de matière sans détachement et sans zone de fragilisation, peut être mise en œuvre selon l'invention pour l'enlèvement de la partie du substrat donneur 1.

Elle consiste à mettre en œuvre une gravure chimique et/ou mécano-chimique.

On peut par exemple mettre en œuvre des gravures éventuellement sélectives du ou des matériaux du substrat donneur 1 à retirer, selon un procédé de type « etch-back ».

Cette technique consiste à graver le substrat donneur 1 « par derrière », c'est à dire à partir de la face libre du substrat donneur 1.

Des gravures par voie humide mettant en œuvre des solutions de gravure adaptées aux matériaux à enlever peuvent être mises en œuvre.

Des gravures par voie sèche peuvent également être mises en œuvre pour enlever de la matière, telles que des gravures par plasma ou par pulvérisation.

La ou les gravures peuvent en outre être seulement chimiques ou électrochimiques ou photoélectrochimiques.

La ou les gravures peuvent être précédées ou suivies par une attaque mécanique du substrat donneur 1, tel un rodage, un polissage, une gravure
5 mécanique ou une pulvérisation d'espèces atomiques.

La ou les gravures peuvent être accompagnées d'une attaque mécanique, tel qu'un polissage éventuellement combiné avec une action d'abrasifs mécaniques dans un procédé CMP.

Toutes les techniques précitées d'enlèvement de matière du substrat
10 donneur 1, sont proposées à titre d'exemple dans le présent document, mais ne constituent en rien une limitation, l'invention s'étendant à tous types de techniques aptes à enlever de la matière du substrat donneur 1, conformément au procédé selon l'invention.

15 En référence à la figure 1f, une partie 1B du substrat donneur 1 est conservée après prélèvement.

Ce qui a pour effet de laisser enterrée la couche contrainte 2, et de la protéger ainsi de l'atmosphère extérieure, atteignant ainsi ledit premier objectif fixé pour la mise en œuvre de ce procédé.

20 Quelle que soit la technique d'enlèvement de matière choisie parmi les techniques déjà discutées ou parmi d'autres techniques connues, une étape de finition de la surface de la partie 1B restante du substrat donneur 1 est avantageusement mise en œuvre, telle qu'une gravure chimique éventuellement sélective, un polissage CMP, un traitement thermique, un
25 bombardement d'espèces atomiques ou toute autre technique de lissage.

Ainsi, après la mise en œuvre d'une étape d'enlèvement de matière de type Smart-Cut®, est préférentiellement utilisé un traitement de lissage, tel qu'un des traitements suivants :

- polissage pour obtenir une épaisseur comprise entre environ 200 Å
30 à environ 800 Å ;

- recuit rapide RTA Ar/H₂ suivi d'un polissage pour obtenir une épaisseur comprise entre environ 200 Å à environ 800 Å ;
- recuit rapide RTA seul ;
- recuit Ar/H₂ au four.

5 Ces traitements de finition sont particulièrement performants dans le cadre de l'invention car ils sont mis en œuvre sur une surface de Si (de la partie 1B restante du substrat donneur 1).

En effet, si la couche contrainte 2 en SiGe avait été à nu, il aurait été difficile de mettre en œuvre ces techniques sans détériorer cette couche
10 contrainte 2, ces techniques étant encore mal maîtrisées pour le SiGe.

La couche 1B de Si en surface permet donc de lisser efficacement la surface de la structure obtenue après détachement.

En référence à la figure 1f, on obtient après enlèvement de matière une structure comprenant le substrat récepteur 7, la couche vitreuse 4, la couche
15 contrainte 2 et une couche de surface 1B en Si (qui représente la partie restante du substrat donneur 1).

La couche contrainte 2 est ainsi protégée essentiellement de l'extérieur par la couche de surface 1B sus-jacente et la couche vitreuse 4 sous-jacente.

Selon une variante du procédé, la couche de surface 1B est conservée
20 telle quelle.

Cependant, en référence à la figure 1g, est mise avantageusement en œuvre une formation d'une deuxième couche vitreuse 8 en surface de la structure constituée d'un matériau visqueux à partir d'une deuxième température de viscosité, formant ainsi.

25 Le matériau choisi pour la deuxième couche vitreuse 8 peut être par exemple un des matériaux suivants : SiO₂, BPSG, SiO_xN_y.

Cette deuxième couche vitreuse 8 est formée de préférence par transformation de la couche de surface 1B en couche vitreuse 4, au moyen d'un traitement contrôlé adapté.

Ainsi, la deuxième couche vitreuse 8 peut être réalisée par traitement thermique sous atmosphère à composition déterminée.

Ainsi, la couche de surface 8 en Si peut subir un traitement d'oxydation thermique contrôlé afin de transformer cette couche de surface 8 en une
5 couche vitreuse 8 en SiO_2 .

Pendant cette dernière étape, il est important de doser précisément les paramètres du traitement oxydant (tels que la température, la durée, la concentration en oxygène, les autres gaz de l'atmosphère oxydante, etc.) afin de contrôler l'épaisseur d'oxyde formé, et d'arrêter l'oxydation au voisinage de
10 l'interface entre les deux couches 2 et 1B.

Pour une telle oxydation thermique, on utilisera de préférence une atmosphère d'oxygène sèche ou de vapeur d'eau, à une pression égale ou supérieure à 1 atm, entre environ 500°C et environ 1050°C.

On préférera alors jouer sur la durée d'oxydation pour contrôler
15 l'oxydation de la couche de surface 8.

Cependant, ce contrôle peut se faire en jouant sur un ou plusieurs autres paramètres, en combinaison ou non avec le paramètre temps.

Toujours en référence à la figure 1g, un traitement thermique est alors mis en œuvre à une température voisine ou supérieure à la température de
20 viscosité.

Ce traitement thermique a pour but principal de relaxer les contraintes dans la couche contrainte 2.

En effet, un traitement thermique à une température supérieure à ou autour de la température de viscosité T_G de la couche vitreuse 4, va provoquer
25 une viscosité de cette dernière couche, qui va permettre à la couche contrainte de se détendre au niveau de son interface avec la couche vitreuse 4, entraînant une décompression d'au moins une partie de ses contraintes internes.

Ainsi, dans le cas où la couche vitreuse 4 est en SiO_2 réalisée par oxydation thermique, un traitement thermique à environ 1050°C minimum,

préférentiellement à environ 1200°C minimum, pendant un temps déterminé va provoquer une relaxation ou une pseudo-relaxation de la couche contrainte 2.

Le traitement thermique dure typiquement entre quelques secondes et plusieurs heures.

5 Cette relaxation de la couche contrainte 2 est réalisée sans que la couche contrainte 2 soit en contact avec l'extérieur, contrairement à l'état de la technique, empêchant notamment une diffusion du Ge.

La couche contrainte 2 devient donc une couche relaxée 2'.

10 D'autres effets du traitement thermique sur la structure peuvent être recherchés, en outre de la relaxation de la couche contrainte 2.

Un deuxième but recherché lorsque est mis en œuvre le traitement thermique, peut en outre être de réaliser un recuit de renforcement de collage entre le substrat récepteur 7 et la couche vitreuse 4.

15 En effet, la température choisie pour le traitement thermique étant supérieure à ou autour de la température de viscosité de la couche vitreuse 4, cette dernière, devenue temporairement visqueuse, peut créer des liaisons d'adhésion particulières et plus fortes avec le substrat récepteur 7.

Ainsi, pour reprendre l'exemple d'un collage entre la couche vitreuse 4 en SiO₂ et le substrat récepteur sur lequel une couche de collage en SiO₂ a été
20 appliqué, les viscosités des deux couches mises en contact vont créer des liaisons de covalence particulièrement fortes.

Un troisième but recherché est de mettre en œuvre ledit traitement thermique pour former la deuxième couche vitreuse 8 en SiO₂ par oxydation thermique.

25 En effet, il peut être souhaité de former cette couche vitreuse 8 au cours ou en continuité du même traitement thermique que celui relaxant la couche contrainte 2, en injectant dans le four de l'oxygène en même temps ou l'un juste après l'autre ou au cours d'un cycle thermique.

On obtient alors au final une structure 20 constituée de couche vitreuse 8
30 / Si_{1-x}Ge_x relaxé 2' / couche vitreuse 4 / substrat récepteur 7.

Le $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ relaxé de la couche 2' est ainsi protégé de l'extérieur par les deux couches vitreuses 4 et 8 adjacentes.

Pour mettre à nu la couche de $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ relaxé 2', il suffit alors d'enlever la couche vitreuse 8, par exemple au moyen d'un traitement chimique adapté.

5 Ainsi, si la couche vitreuse 8 est en SiO_2 , on traitera avantageusement la structure 20 avec de l'acide fluorhydrique HF afin de retirer le SiO_2 de la couche vitreuse 8.

En référence à la figure 1h, on obtient au final une structure 30 constituée de $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ relaxé 2' / couche vitreuse 4 / substrat récepteur 7.

10 Cette structure 30 est une structure SGOI (acronyme anglo-saxon de « Silicon Germanium On Insulator ») dans le cas où la couche vitreuse 4 est isolante électriquement, tel que par exemple une couche vitreuse 4 en SiO_2 .

La couche de $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ relaxé 2' de cette structure présente alors une surface ayant une rugosité de surface compatible avec une croissance d'un
15 autre matériau cristallin.

Un léger traitement de surface, tel un polissage, adapté au $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ peut éventuellement être mis en œuvre pour améliorer les propriétés de surface.

En référence à la figure 1i, et dans une étape optionnelle de l'invention, est alors mise en œuvre une croissance d'une couche 11 de Si sur la couche
20 de $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ relaxé 2' avec une épaisseur sensiblement inférieure à l'épaisseur critique de contrainte du matériau qui la constitue, et qu'elle soit donc contrainte par la couche de $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ relaxé 2'.

On obtient alors au final une structure 40 constituée de Si contraint / $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ relaxé 2' / couche vitreuse 4 / substrat récepteur 7.

25 Cette structure 40 est une structure Si/SGOI dans le cas où la couche vitreuse 4 est isolante électriquement, tel que par exemple une couche vitreuse 4 en SiO_2 .

Des variantes de ce procédé sont présentées en référence aux figures
30 2a à 2i, aux figures 3a à 3i et aux figures 4a à 4i.

En référence aux figures 2a à 2i, et plus particulièrement à la figure 2g, le procédé est globalement le même que celui décrit en référence aux figures 1a à 1i, à l'exception de l'étape de transformation de la couche de surface 1B en
5 deuxième couche vitreuse 8 qui est ici mise en œuvre de sorte que toute la couche de surface 1B ne soit pas transformée.

Ainsi, il reste une partie de la couche de surface 1B en Si intercalée entre la deuxième couche vitreuse 8 et la couche contrainte 2, formant une couche intermédiaire 9.

10 En référence à la figure 2h, cette couche intermédiaire 9 est conservée après le traitement thermique de relaxation de la couche contrainte 2.

Cette couche intermédiaire 9 est avantageusement conservée avec une épaisseur inférieure à l'épaisseur critique de contrainte, afin qu'elle soit plus tard contrainte par la couche relaxée 2'.

15 En référence à la figure 2i, une croissance d'une couche de Si peut être reprise sur la couche intermédiaire 9 de sorte à former une couche de Si contraint 11, sensiblement identique à celle de la figure 2i.

Une étape de lissage de la surface de croissance au moyen d'une des techniques déjà discutées dans ce document peut être mise en œuvre
20 préalablement à la croissance de silicium, pour améliorer la qualité de la croissance cristalline à mettre en œuvre.

Dans un cas de figure particulier où le traitement thermique de relaxation des contraintes de la couche contrainte 2 est effectué à une température et pendant une durée supérieures respectivement à une température et à une
25 durée de référence à partir desquels le Ge diffuse dans le Si, le Ge contenu dans la couche contrainte 2 peut diffuser dans la couche intermédiaire 9.

C'est pourquoi il est préférable de mettre en œuvre la relaxation de la couche en SiGe contrainte 2 avant la reprise de l'épitaxie de la couche de Si contrainte 11.

Mais, dans certains autres cas, cet effet de diffusion, s'il est convenablement contrôlé, peut être recherché.

Ainsi, la diffusion peut être contrôlée de sorte que les espèces de Ge se répartissent de façon uniforme dans l'ensemble des deux couches 2 et 9, formant une unique couche de $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ ayant une concentration en Ge sensiblement uniformisée.

On trouvera notamment une discussion de ce dernier point dans le document US 5 461 243, colonne 3, lignes 48 à 58.

En référence aux figures 3a à 3i, et plus particulièrement à la figure 3c, le procédé est globalement le même que celui décrit en référence aux figures 1a à 1i, à l'exception de l'étape de transformation de la couche 3 en couche vitreuse 4 qui est ici mise en œuvre de sorte que toute la couche 3 ne soit pas transformée.

Ainsi, il reste une partie de la couche 3 en Si intercalée entre la couche vitreuse 4 et la couche contrainte 2, formant une couche intercalée 5.

Cette couche intercalée 5 est réalisée de sorte qu'elle ait une épaisseur typique autour de 10 nm, en tous les cas très inférieure à celle de la couche contrainte 2.

Lors du traitement thermique de relaxation de la contrainte de la couche contrainte 2, cette dernière va vouloir diminuer son énergie interne de contrainte élastique en utilisant les propriétés de viscosité de la couche vitreuse 4 devenue visqueuse, et, du fait que la couche intercalée 5 soit de faible épaisseur par rapport à la couche contrainte 2 sus-jacente, la couche contrainte 2 va imposer son besoin de relaxation à la couche intercalée 5.

La couche contrainte 2 oblige ainsi la couche intercalée 5 au moins partiellement à la contrainte.

La couche contrainte 2 devient alors une couche relaxée 2' au moins partiellement.

Et la couche intercalée 5 relaxée devient alors une couche intercalée contrainte 5'.

On trouvera notamment une discussion sur ce dernier point dans le document US 5 461 243, colonne 3, lignes 28 à 42.

5 En référence à la figure 3h, cette couche intercalée contrainte 5' est conservée après le traitement thermique de relaxation de la couche contrainte 2.

La structure formée est alors une structure 30 constituée de $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ relaxé / Si contraint / couche vitreuse 4 / substrat récepteur 7.

10 Cette structure 30 est une structure SG/SOI, dans le cas où la couche vitreuse 4 est isolante électriquement, tel que par exemple une couche vitreuse 4 en SiO_2 .

On peut alors éventuellement retirer, par exemple par gravure chimique sélective à base de $\text{HF}:\text{H}_2\text{O}_2:\text{CH}_3\text{COOH}$ (sélectivité d'environ 1 : 1000), la
15 couche $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ relaxé 2', pour avoir au final une structure constituée de Si contraint / couche vitreuse 4 / substrat récepteur 7.

Cette structure est une structure SOI contraint, dans le cas où la couche vitreuse 4 est isolante électriquement, tel que par exemple une couche vitreuse 4 en SiO_2 .

20 Au lieu de mettre en œuvre cette gravure chimique, on peut réaliser, en référence à la figure 3i, une croissance d'une couche de Si reprise sur la couche relaxée 2' de sorte à former une couche de Si contraint 11, sensiblement identique à celle de la figure 3i.

La structure formée est alors une structure 40 constituée de Si contraint /
25 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ relaxé / Si contraint / couche vitreuse 4 / substrat récepteur 7.

Cette structure 40 est une structure Si/SG/SOI, dans le cas où la couche vitreuse 4 est isolante électriquement, tel que par exemple une couche vitreuse 4 en SiO_2 .

Dans un cas de figure particulier où le traitement thermique de relaxation
30 des contraintes de la couche contrainte 2 est effectué à une température et

pendant une durée supérieures respectivement à une température et à une durée de référence à partir desquels le Ge diffuse dans le Si, le Ge contenu dans la couche contrainte 2 peut diffuser dans la couche intercalée contrainte 5'.

5 C'est pourquoi il est préférable de mettre en œuvre la relaxation de la couche en SiGe contrainte 2 avant la reprise de l'épitaxie de la couche de Si contrainte 11.

Mais, dans certains autres cas, cet effet de diffusion, s'il est convenablement contrôlé, peut être recherché.

10 Ainsi, la diffusion peut être contrôlée de sorte que les espèces de Ge se répartissent de façon uniforme dans l'ensemble des deux couches 2 et 5, formant une unique couche de $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ ayant une concentration en Ge sensiblement uniformisée.

On trouvera notamment une discussion de ce dernier point dans le
15 document US 5 461 243, colonne 3, lignes 48 à 58.

En référence aux figures 4a à 4i, et plus particulièrement aux figures 4c et 4g, le procédé est globalement le même que celui décrit en référence aux figures 1a à 1i, à l'exception de :

- 20
- l'étape de transformation de la couche 3 en couche vitreuse 4 qui est ici mise en œuvre de sorte que toute la couche 3 ne soit pas transformée ;
 - l'étape de transformation de la couche de surface 1B en deuxième couche vitreuse 8 qui est ici mise en œuvre de sorte que toute la
- 25 couche de surface 1B ne soit pas transformée.

Ce procédé comprend en fait une étape identique à celle décrite en référence à la figure 3c, formant une couche intercalée 5 (voir figure 3c), et une étape identique à celle décrite en référence à la figure 2g, formant une couche intermédiaire 9 (voir figure 2g).

Les moyens de formation de ces deux couches 5 et 9, ainsi que les possibilités d'évolution de leur structure et leur effet sur la structure final sont donc essentiellement les mêmes que ceux décrits dans les procédés en référence des figures 2a à 2i et des figures 3a à 3i.

5

En référence aux figures 5a à 5h, et plus particulièrement aux figure 5b et 5d, le procédé est globalement le même que celui décrit en référence aux figures 1a à 1i, à l'exception de :

- 10 — en référence à l'étape 5b, la couche 3 en Si épitaxiée sur la couche contrainte 2 est une couche très fine, dont l'épaisseur est très inférieure à celle de la couche contrainte 2, typiquement de 100 à 300 Å ;
- en référence à la figure 5d, la couche vitreuse 4 est formée sur le substrat récepteur 7.

15 La couche 3 en Si va ainsi permettre de :

- protéger la couche contrainte 2 de SiGe sous-jacente de la diffusion de Ge, de la pollution extérieure et d'une réactivation potentielle incontrôlée de sa surface ;
- 20 — mettre en œuvre des moyens de finition de surface parfaitement maîtrisés pour le Si, alors qu'ils le sont beaucoup moins pour le SiGe, ces techniques de finition (déjà détaillées plus haut dans ce document) permettant notamment un bon collage avec le substrat récepteur 7.

25 En référence à la figure 5d, on forme avant collage sur le substrat récepteur 7 une couche vitreuse 4 selon un premier mode de réalisation de la couche vitreuse 4.

Le matériau constituant la couche vitreuse 4 est tel qu'il devient visqueux à partir d'une température de viscosité T_G .



Le matériau de la couche vitreuse 4 est avantageusement un des matériaux suivants : BPSG, SiO_2 , SiON .

5 Ce premier mode de formation de la couche vitreuse 4 sur le substrat récepteur 7 est mis en œuvre de façon similaire au premier mode de formation de la couche vitreuse 4 sur la couche contrainte 2 décrit plus haut dans ce document (en référence à la figure 1c).

Ainsi, par exemple, une oxydation de la surface en Si du substrat récepteur 7 forme une couche vitreuse 4 en SiO_2 .

10 Il est important que la formation de la couche vitreuse 4 et le collage de la couche vitreuse 4 avec la couche contrainte 2 soient réalisées avant diffusion du Ge , pollution et réactivation incontrôlée de surface de la couche contrainte 2, et notamment si la couche contrainte 2 reste entre-temps à température élevée.

Selon un deuxième mode de réalisation de la couche vitreuse 4 sur le substrat récepteur, est mis en œuvre un dépôt d'espèces atomiques par des
15 moyens de dépôts d'espèces atomiques sur le substrat récepteur 7.

Dans un premier cas, on déposera directement des espèces atomiques constituées du matériau vitreux, tel que du SiO_2 .

Dans un deuxième cas, seront mises en œuvre les opérations suivantes :

- 20 • déposition d'espèces atomiques de Si amorphe pour former une couche de Si amorphe ; puis :
- oxydation thermique cette couche de Si amorphe et réaliser ainsi une couche vitreuse 4 en SiO_2 .

25 Quelque soit l'un ou l'autre de ces cas de dépôt choisi, le dépôt des espèces atomiques doit être réalisé avant diffusion du Ge , pollution et réactivation incontrôlée de surface de la couche contrainte 2, et notamment si la couche contrainte 2 reste entre-temps à température élevée.

En référence aux figures 5e, 5f, 5g et 5h, on se retrouve dans les mêmes conditions et les même configurations que celles exposées en référence

respective des figures 3f, 3g, 3h et 3i, la couche référencée 5 devenant dans le présent procédé la couche référencée 3.

A savoir, en particulier, que lors du traitement thermique de relaxation :

- la couche contrainte 2 devient alors une couche relaxée 2' au moins partiellement ;
- La couche intercalée 3 devient alors une couche intercalée contrainte 3'.

En référence à la figure 5g, la structure formée est alors une structure 30 constituée de $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ relaxé / Si contraint / couche vitreuse 4 / substrat récepteur 7.

Cette structure 30 est une structure SG/SOI, dans le cas où la couche vitreuse 4 est isolante électriquement, tel que par exemple une couche vitreuse 4 en SiO_2 .

On peut alors éventuellement retirer, par exemple par gravure chimique sélective à base de $\text{HF}:\text{H}_2\text{O}_2:\text{CH}_3\text{COOH}$ (sélectivité d'environ 1:1000), la couche $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ relaxé 2', pour avoir au final une structure constituée de Si contraint / couche vitreuse 4 / substrat récepteur 7.

Cette structure est une structure SOI contraint, dans le cas où la couche vitreuse 4 est isolante électriquement, tel que par exemple une couche vitreuse 4 en SiO_2 .

Au lieu de mettre en œuvre cette gravure chimique, on peut réaliser, en référence à la figure 5h, une croissance d'une couche de Si reprise sur la couche relaxée 2' de sorte à former une couche de Si contraint 11, sensiblement identique à celle de la figure 5h.

La structure formée est alors une structure 40 constituée de Si contraint / $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ relaxé / Si contraint / couche vitreuse 4 / substrat récepteur 7.

Cette structure 40 est une structure Si/SG/SOI, dans le cas où la couche vitreuse 4 est isolante électriquement, tel que par exemple une couche vitreuse 4 en SiO_2 .

Dans un cas de figure particulier où le traitement thermique de relaxation des contraintes de la couche contrainte 2 est effectué à une température et pendant une durée supérieures respectivement à une température et à une durée de référence à partir desquels le Ge diffuse dans le Si, le Ge contenu
5 dans la couche contrainte 2 peut diffuser dans la couche intercalée contrainte 3'.

C'est pourquoi il est préférable de mettre en œuvre la relaxation de la couche en SiGe contrainte 2 avant la reprise de l'épitaxie de la couche de Si contrainte 11.

10 Mais, dans certains autres cas, cet effet de diffusion, s'il est convenablement contrôlé, peut être recherché.

Ainsi, la diffusion peut être contrôlée de sorte que les espèces de Ge se répartissent de façon uniforme dans l'ensemble des deux couches 2 et 5, formant une unique couche de $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ ayant une concentration en Ge
15 sensiblement uniformisée.

On trouvera notamment une discussion de ce dernier point dans le document US 5 461 243, colonne 3, lignes 48 à 58.

En référence aux figures 6a à 6h, et plus particulièrement aux figure 6f, le
20 procédé est globalement le même que celui décrit en référence aux figures 5a à 5h, à l'exception de l'étape de transformation de la couche de surface 1B en deuxième couche vitreuse 8 qui est ici mise en œuvre de sorte que toute la couche de surface 1B ne soit pas transformée.

Ainsi, il reste une partie de la couche de surface 1B en Si intercalée entre
25 la deuxième couche vitreuse 8 et la couche contrainte 2, formant une couche intermédiaire 9.

En référence à la figure 6g, cette couche intermédiaire 9 est conservée après le traitement thermique de relaxation de la couche contrainte 2.

Cette couche intermédiaire 9 est avantageusement conservée avec une épaisseur inférieure à l'épaisseur critique de contrainte, afin qu'elle soit plus tard contrainte par la couche relaxée 2'.

En référence à la figure 6h, une croissance d'une couche de Si peut être reprise sur la couche intermédiaire 9 de sorte à former une couche de Si contraint 11, sensiblement identique à celle de la figure 5h.

Une étape de lissage de la surface de croissance au moyen d'une des techniques déjà discutées dans ce document peut être mise en œuvre préalablement à la croissance de silicium, pour améliorer la qualité de la croissance cristalline à mettre en œuvre.

Dans un cas de figure particulier où le traitement thermique de relaxation des contraintes de la couche contrainte 2 est effectué à une température et pendant une durée supérieures respectivement à une température et à une durée de référence à partir desquels le Ge diffuse dans le Si, le Ge contenu dans la couche contrainte 2 peut diffuser dans la couche intermédiaire 9 ou dans la couche intercalée 3.

C'est pourquoi il est préférable de mettre en œuvre la relaxation de la couche en SiGe contrainte 2 avant la reprise de l'épitaxie de la couche de Si contraint 11.

Mais, dans certains autres cas, cet effet de diffusion, s'il est convenablement contrôlé, peut être recherché.

Ainsi, la diffusion peut être contrôlée de sorte que les espèces de Ge se répartissent de façon uniforme dans l'ensemble des deux couches 2, 3 et 9, formant une unique couche de $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ ayant une concentration en Ge sensiblement uniformisée.

On trouvera notamment une discussion de ce dernier point dans le document US 5 461 243, colonne 3, lignes 48 à 58.

Selon l'un ou l'autre des six procédés préférés selon l'invention ci-dessus, ou selon un équivalent de ceux-ci, des étapes en vue d'une réalisation

de composants peuvent être intégrées ou succéder à ce procédé selon l'invention.

Ainsi, des étapes de préparation à la réalisation de composants peuvent être mises en œuvre au cours du procédé au niveau de la couche 2 de SiGe
5 contraint de la structure en référence à la figure 1g, 2g, 3g, 4g, 5f ou 6f, de la couche 2' de SiGe relaxé ou pseudo-relaxé de la structure SGOI en référence à la figure 1h, 2h, 3h, 4h, 5g ou 6g, ou dans la couche 11 de Si contraint de la structure Si/SGOI en référence à la figure 1i, 2i, 3i, 4i, 5h ou 6h.

De préférence, ces étapes de préparation seront réalisées avec la
10 couche vitreuse 8 toujours présente dans la structure, celle-ci protégeant les couches sous-jacentes, et notamment la couche contrainte 2 ou la couche relaxée 2' toutes les deux en SiGe.

On pourra par exemple entreprendre des traitements locaux destinés à graver, à travers la couche vitreuse 8, des motifs dans les couches, par
15 exemple par lithographie, par photolithographie, par gravure aux ions réactifs ou par toute autre gravure avec masquage en motifs.

Dans un cas particulier, des motifs tels que des îlots sont ainsi gravés dans la couche contrainte 2 en SiGe afin d'aider à une bonne relaxation de la couche contrainte 2 lors de la mise en œuvre ultérieure du traitement thermique
20 de relaxation.

Une ou plusieurs étapes de réalisation de composants, tels que des transistors, dans la couche de Si contraint 11 (ou dans la couche de SiGe relaxé 2' dans le cas où celle-ci n'est pas recouverte d'une couche de Si
25 contraint 11) peuvent notamment être mises en œuvre préférentiellement à une température inférieure à T_G (afin de ne pas altérer le taux de contraintes de la couche relaxée 2' et de la couche contrainte 11).

Dans un procédé particulier selon l'invention, des étapes de réalisation de composants sont mises en œuvre au cours ou en continuité du traitement thermique de relaxation de la couche de SiGe contraint 2.

Dans un procédé particulier selon l'invention, l'étape d'épitaxie de la couche de Si contraint est mise en œuvre au cours ou en continuité des étapes de réalisation de composants.

5 Les techniques décrites dans l'invention sont proposées à titre d'exemple dans le présent document, mais ne constituent en rien une limitation, l'invention s'étendant à tous types de techniques aptes à mettre en œuvre un procédé selon l'invention.

10 Une ou plusieurs épitaxies quelconque(s) peu(ven)t être mise(s) en œuvre sur la structure finale (structure 30 ou 40 prise en référence à la figure 1h, 1i, 2h, 2i, 3h, 3i, 4h, 4i, 5g, 5h, 6g, 6h), telle qu'une épitaxie d'une couche de SiGe ou de SiGeC, ou une épitaxie d'une couche de Si ou de SiC contraint, ou des épitaxies successives de couches SiGe ou de SiGeC et de couches de Si ou de SiC contraint en alternance pour former une structure multicouches.

15 La structure finale achevée, on peut éventuellement mettre en œuvre des traitements de finition, comprenant par exemple un recuit.

La présente invention ne se limite pas non plus à une couche contrainte 2 en SiGe, mais s'étend aussi à une constitution de la couche contrainte 2 en d'autres types de matériaux, de type III-V ou II-VI, ou à d'autres matériaux
20 semiconducteurs.

Dans les couches de semiconducteurs discutés dans ce document, d'autres constituants peuvent y être ajoutés, tel que du carbone avec une concentration de carbone dans la couche considérée sensiblement inférieure ou égale à 50 % ou, plus particulièrement avec une concentration inférieure ou
25 égale à 5 %.

REVENDEICATIONS

5 1. Procédé de formation sur un substrat d'une couche relaxée ou pseudo-relaxée, la couche relaxée (2') étant en un matériau choisi parmi les matériaux semiconducteurs, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

10 (a) faire croître sur un substrat donneur (1) une couche contrainte (2) élastiquement constituée du matériau choisi parmi les matériaux semiconducteurs ;

 (b) former sur la couche contrainte (2) ou sur un substrat récepteur (7), une couche vitreuse (4) constituée d'un matériau visqueux à partir d'une température de viscosité ;

15 (c) coller le substrat récepteur (7) à la couche contrainte (2) par l'intermédiaire de la couche vitreuse (4) ;

 (d) enlever une partie du substrat donneur (1), pour former une structure comprenant le substrat récepteur (7), la couche vitreuse (4), la couche contrainte (2) et la partie non enlevée du substrat donneur (1) qui
20 forme ainsi une couche de surface (1B) ;

 (e) traiter thermiquement la structure à une température voisine ou supérieure à la température de viscosité.

25 2. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'étape (b) et l'étape (c) sont mises en œuvre avant diffusion substantielle d'au moins une espèce du matériau de la couche contrainte (2), avant pollution de la couche contrainte (2), et avant que la surface de la couche contrainte (2) devienne réactive de façon incontrôlée.

3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'après l'étape (d), il comprend en outre un traitement contrôlé pour transformer au moins une partie de la couche de surface (1B) en matériau visqueux à partir d'une deuxième température de viscosité, et formant ainsi
5 une deuxième couche vitreuse (8).

4. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'étape (e) est mise en œuvre pendant ou en continuité après la formation de la deuxième couche vitreuse (8).
10

5. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comprend en outre, après l'étape (e), une étape d'enlèvement de la deuxième couche vitreuse (8).

15 6. Procédé selon la revendication précédente ou la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend une dernière étape de croissance cristalline, sur la structure, d'un matériau choisi parmi les matériaux semiconducteurs.

20 7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la couche vitreuse (4) est formée sur le substrat récepteur (7), et en ce que le procédé comprend en outre, avant l'étape (c), une formation sur la couche contrainte (2) d'une couche mince d'une épaisseur inférieure à l'épaisseur de la couche contrainte (2).

25 8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'étape (b) comprend les deux opérations successives suivantes :

(b1) faire croître une couche en matériau semiconducteur sur la couche contrainte (2) ;

(b2) réaliser un traitement contrôlé pour transformer au moins une partie de la couche formée à l'étape (b1), en matériau visqueux à partir de la température de viscosité, formant ainsi la couche vitreuse (4).

5 **9.** Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend, avant l'étape (c), une formation d'une couche de collage sur le substrat récepteur (7).

10 **10.** Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la couche de collage est en SiO_2 .

15 **11.** Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'enlèvement de matière de l'étape (d) est essentiellement réalisé par un détachement au niveau d'une zone de fragilisation présente dans le substrat donneur (1), à une profondeur voisine de l'épaisseur de la couche de surface, par apport d'énergie.

20 **12.** Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comprend en outre, avant l'étape (c), la formation de la zone de fragilisation par implantation d'espèces atomiques dans le substrat donneur (1).

13. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'il comprend en outre, avant l'étape (a), une étape de formation du substrat donneur (1) comprenant les opérations suivantes :

- 25 • former une couche poreuse (6) sur un substrat support cristallin (1A) ;
 • faire croître une couche cristalline (1B) sur la couche poreuse (6) ;

l'ensemble substrat support (1A) – couche poreuse (6) – couche cristalline (1B) constituant le substrat donneur (1), la couche poreuse constituant la zone de fragilisation du substrat donneur (1).

14. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'enlèvement de matière de l'étape (d) comprend une gravure chimique sélective.

5

15. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la couche vitreuse (4) formée à l'étape (b) est isolante électriquement.

10

16. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la couche vitreuse (4) formée à l'étape (b) est en SiO_2 .

17. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que :

15

- le substrat donneur (1) est en Si ; et
- la couche contrainte (2) est en $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$.

18. Procédé selon les deux revendications précédentes et la revendication 8, caractérisé en ce que :

20

- la couche de croissance de l'étape (b1) est en Si ;
- le traitement contrôlé mis en œuvre lors de l'étape (b2) est un traitement d'oxydation thermique contrôlé pour transformer au moins une partie du Si de la couche formée lors de l'étape (b1) en SiO_2 , formant ainsi la couche vitreuse (4) en SiO_2 .

25

19. Procédé selon l'une des deux revendications précédentes combinée avec la revendication 3, caractérisé en ce que ledit traitement contrôlé est un traitement d'oxydation thermique contrôlé pour transformer au

moins une partie du Si de la couche de surface en SiO_2 , formant ainsi la deuxième couche vitreuse (8) en SiO_2 .

5 **20.** Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comprend en outre, après l'étape (e), une étape d'enlèvement de la deuxième couche vitreuse (8) par traitement chimique à base d'acide fluorhydrique.

10 **21.** Procédé selon l'une des quatre revendications précédentes, caractérisé en ce que l'étape (e) comprend un traitement thermique.

15 **22.** Procédé selon la revendication 6 combinée à l'une des cinq revendications précédentes, caractérisé en ce que le matériau utilisé pour la croissance sur la structure après enlèvement de la deuxième couche vitreuse (8) est du Si.

20 **23.** Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la couche vitreuse (4) formée en (b) est isolante électriquement et que la structure formée est une structure semiconducteur-sur-isolant, dont l'épaisseur semiconductrice comprend la couche contrainte (2) ayant été relaxée ou pseudo-relaxée lors de l'étape (e).

25 **24.** Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des étapes de préparation à la réalisation de composants et/ou des étapes de réalisation de composants dans la couche contrainte ou dans une couche éventuellement sus-épitaxiée (11).

30 **25.** Structure obtenue au cours du procédé de formation sur un substrat d'une couche relaxée ou pseudo-relaxée selon la revendication 3, caractérisée en ce qu'elle comprend successivement :

- un substrat (7) ;

- une première couche vitreuse (4) ;
- une couche enterrée en matériau choisi parmi les matériaux semiconducteurs ;
- une deuxième couche vitreuse (8).

5

26. Structure selon la revendication précédente, caractérisée en ce que la couche enterrée (2) est contrainte élastiquement.

10

27. Structure selon la revendication 25, caractérisée en ce la couche enterrée (2') est relaxée ou pseudo-relaxée.

28. Structure selon l'une des trois revendications précédentes, caractérisée en ce que la couche enterrée est en $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$.

15

29. Structure selon l'une des quatre revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre, entre la couche enterrée et la deuxième couche vitreuse (8), une autre couche (9) en un matériau choisi parmi les matériaux semiconducteurs.

20

30. Structure selon l'une des cinq revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre, entre la première couche vitreuse (4) et la couche enterrée, une autre couche (5) en matériau choisi parmi les matériaux semiconducteurs.

25

31. Structure selon l'une des deux revendications précédentes, caractérisée en ce que l'autre couche en matériau choisi parmi les matériaux semiconducteurs est en Si.

32. Structure selon l'une des sept revendications précédentes, caractérisée en ce qu'au moins une des deux couches vitreuses est en SiO_2 .

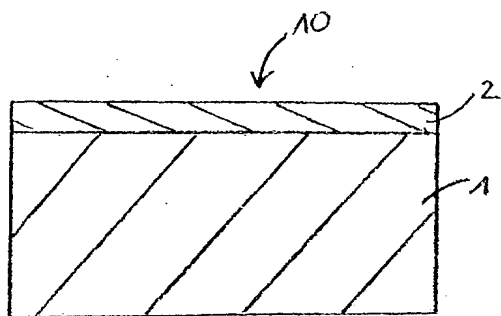


Fig. 1a

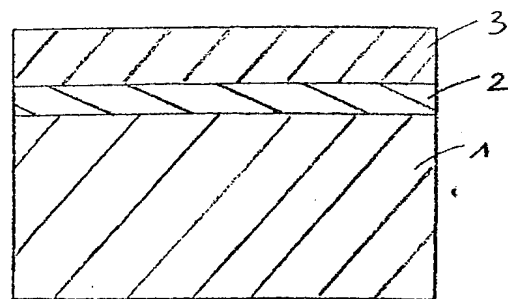


Fig. 1b

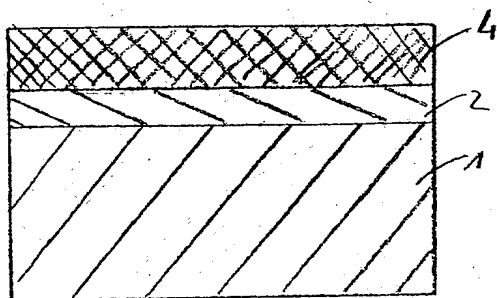


Fig. 1c

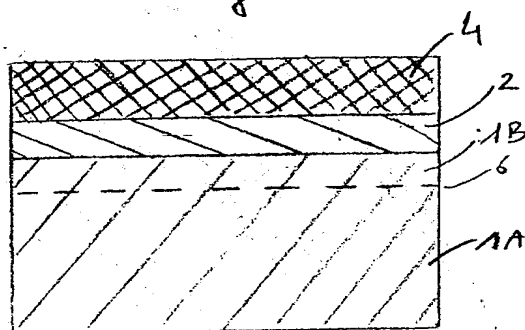


Fig. 1d

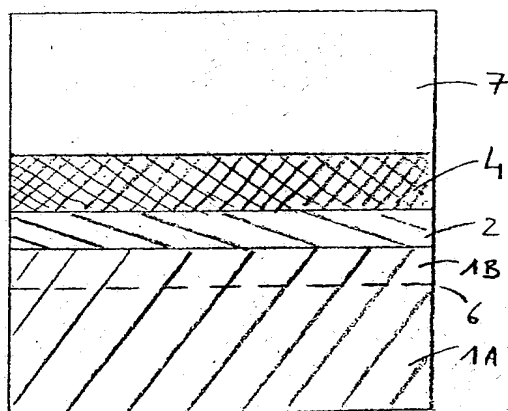


Fig. 1e

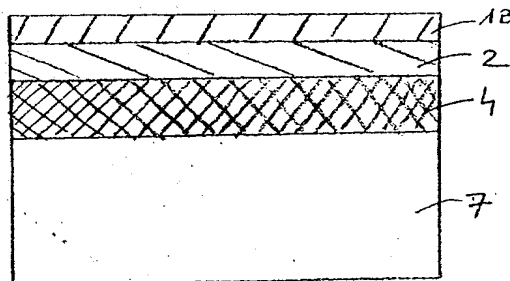


Fig. 1f

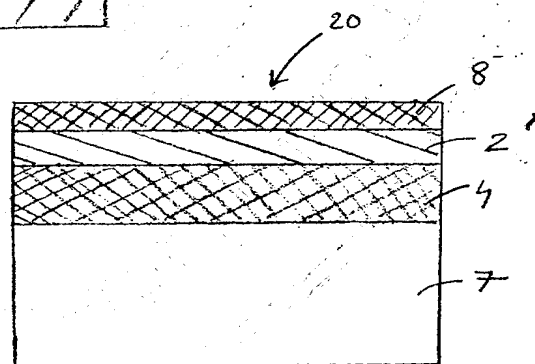


Fig. 1g

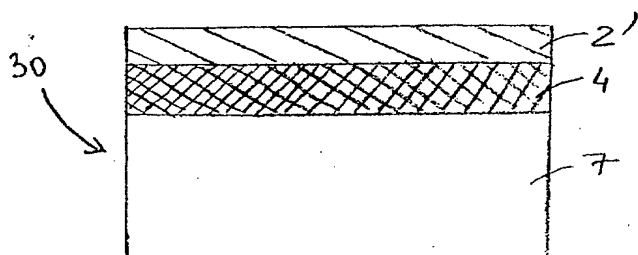


Fig. 1h

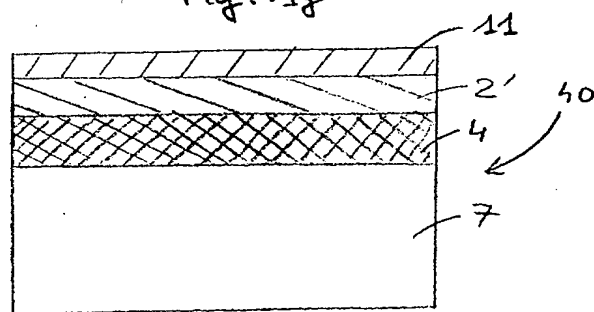


Fig. 1i

1 / 6

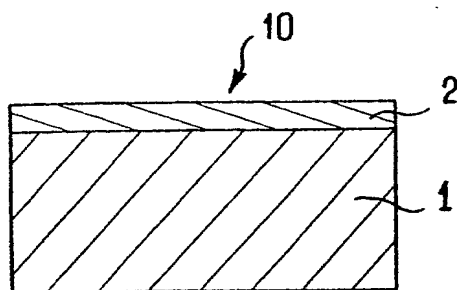


FIG. 1a

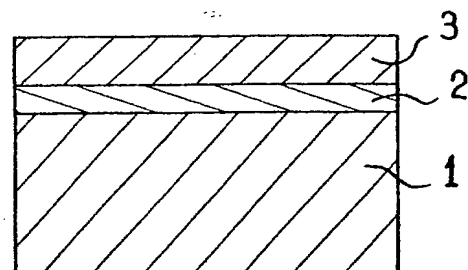


FIG. 1b

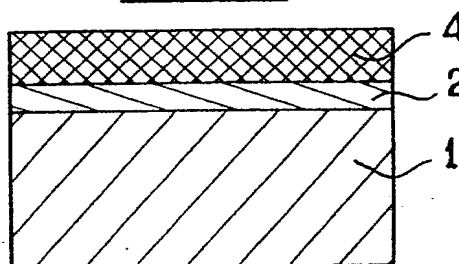


FIG. 1c

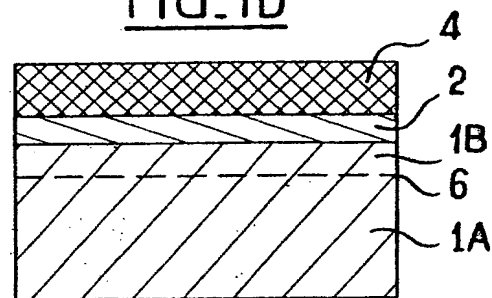


FIG. 1d

FIG. 1e

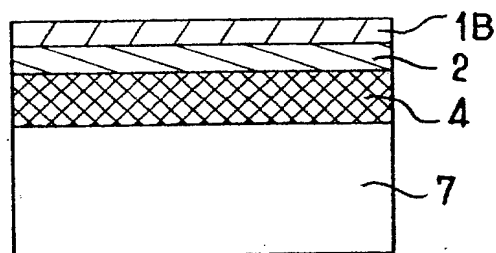
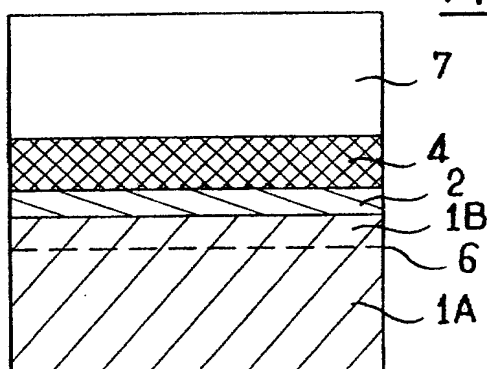


FIG. 1f

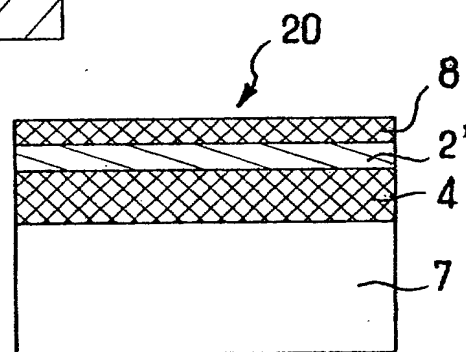


FIG. 1g

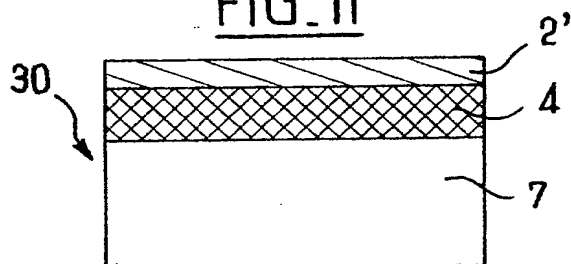


FIG. 1h

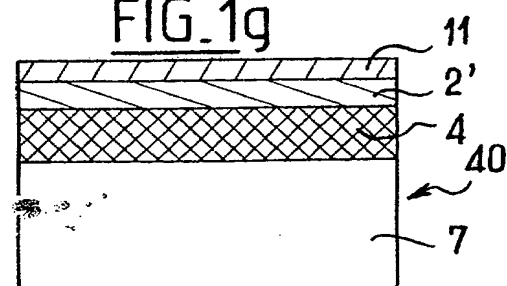


FIG. 1i

1/6

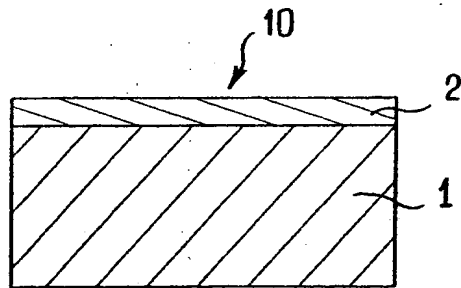


FIG. 1a

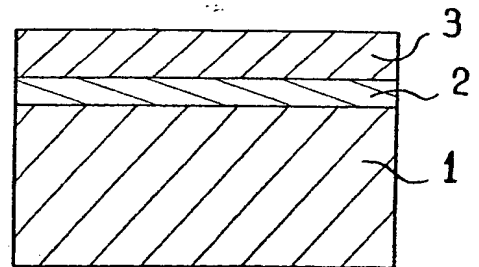


FIG. 1b

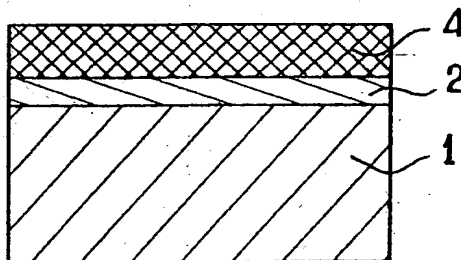


FIG. 1c

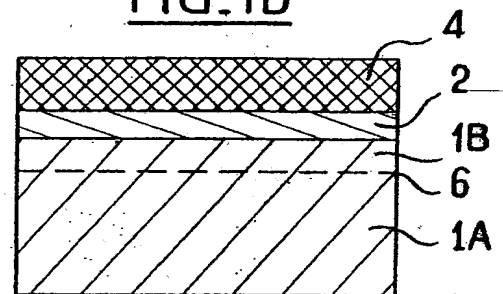


FIG. 1d

FIG. 1e

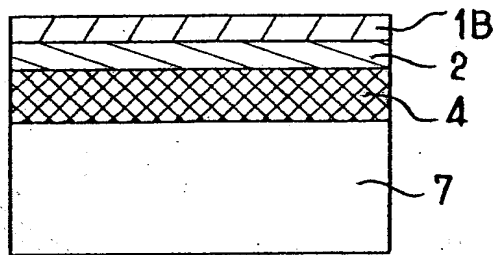
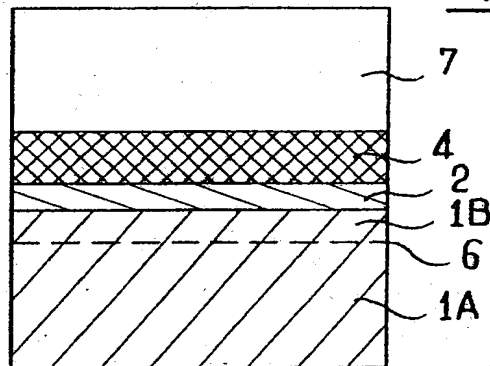


FIG. 1f

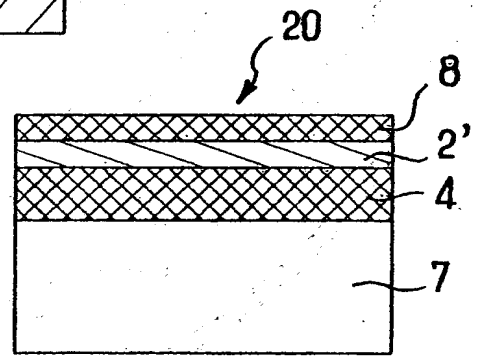


FIG. 1g

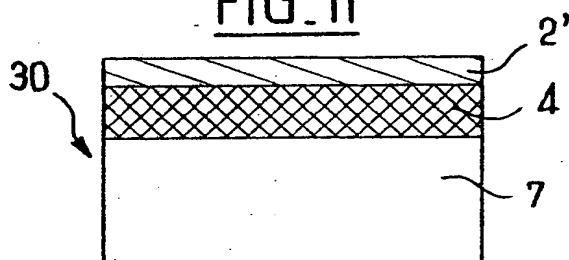


FIG. 1h

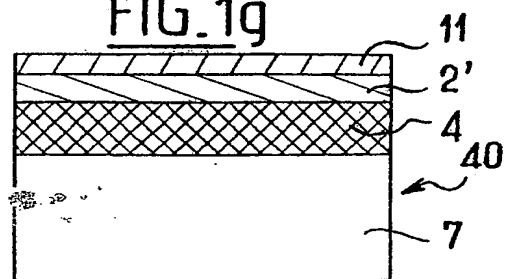


FIG. 1i

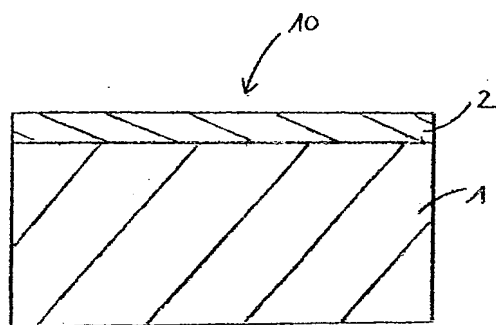


Fig. 2a

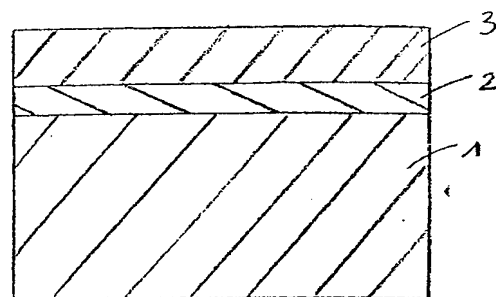


Fig. 2b

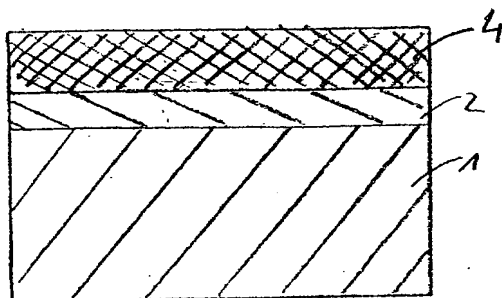


Fig. 2c

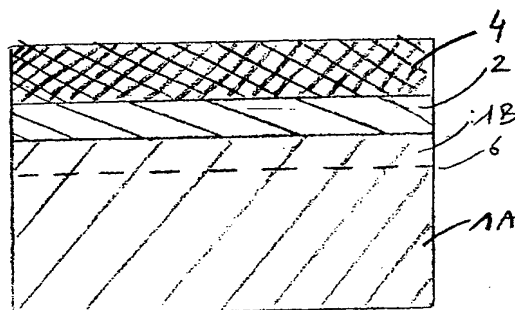


Fig. 2d

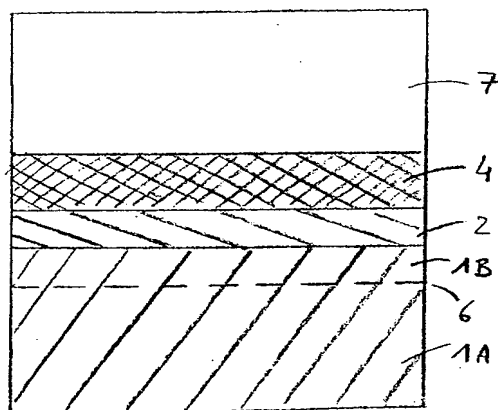


Fig. 2e

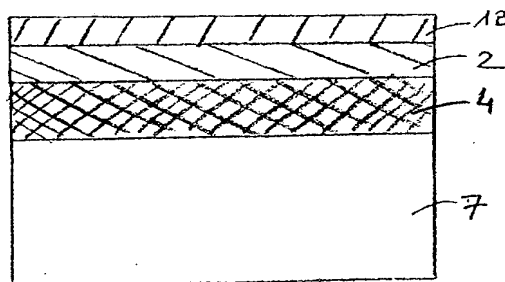


Fig. 2f

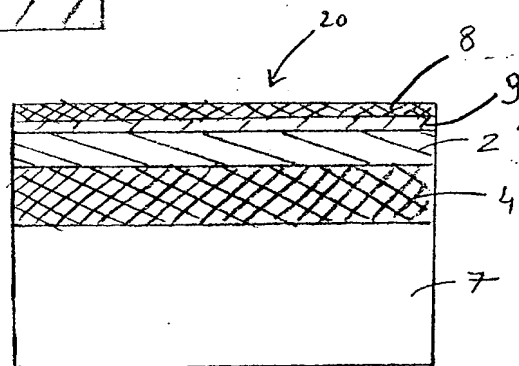


Fig. 2g

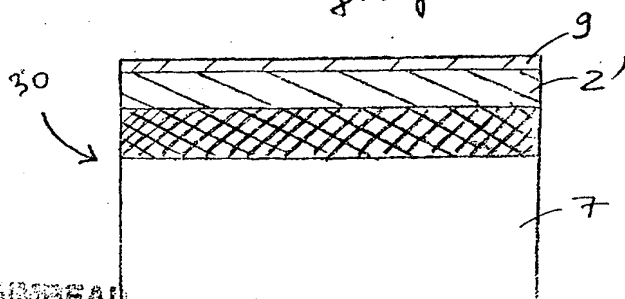


Fig. 2h

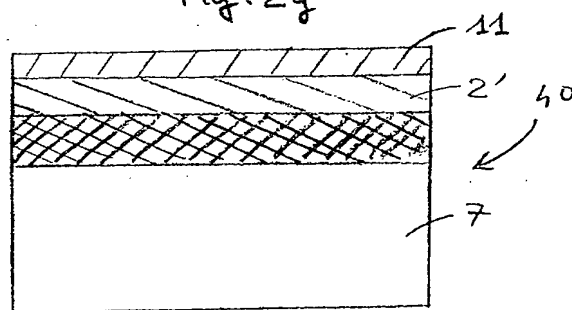


Fig. 2i

2 / 6

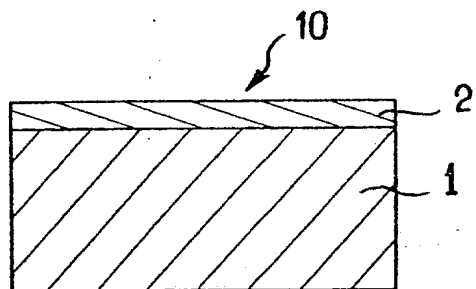


FIG. 2a

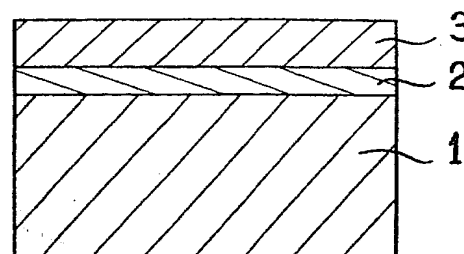


FIG. 2b

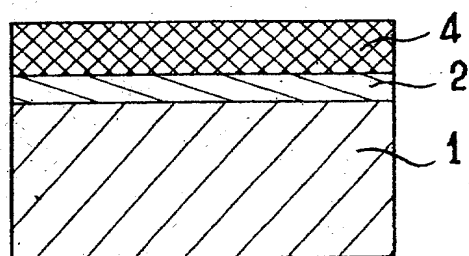


FIG. 2c

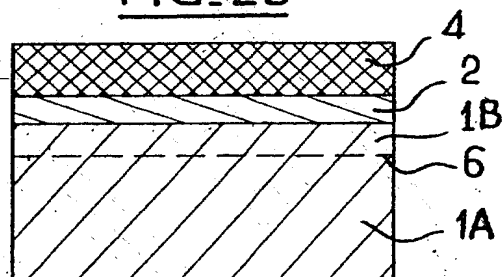


FIG. 2d

FIG. 2e

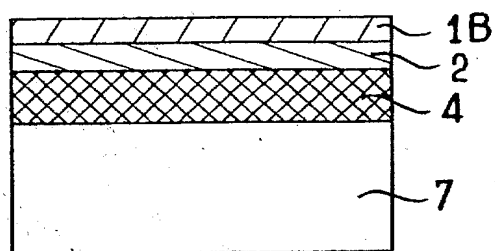
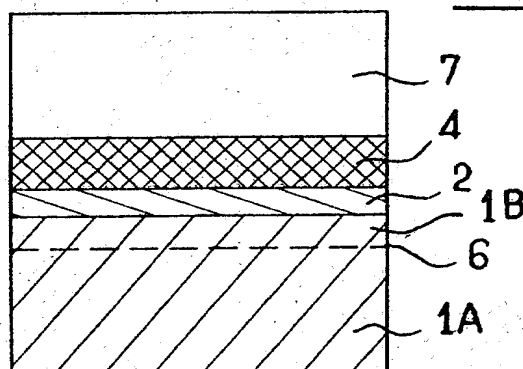


FIG. 2f

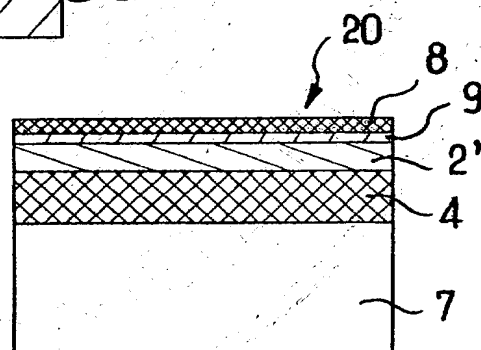


FIG. 2g

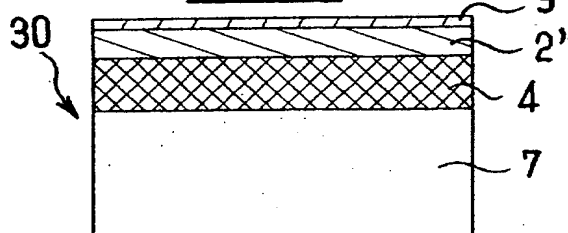


FIG. 2h

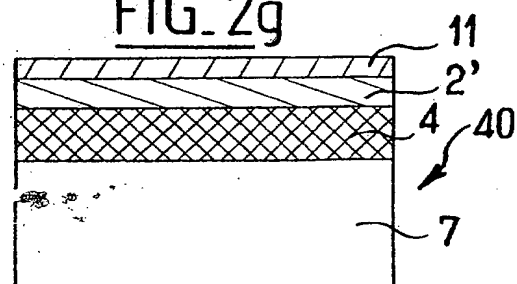


FIG. 2i

2/6

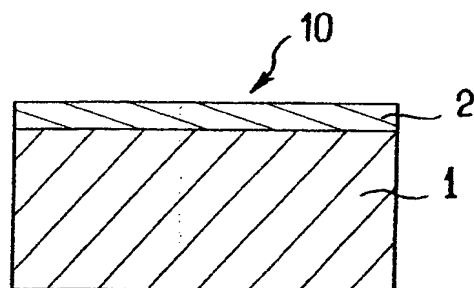


FIG. 2a

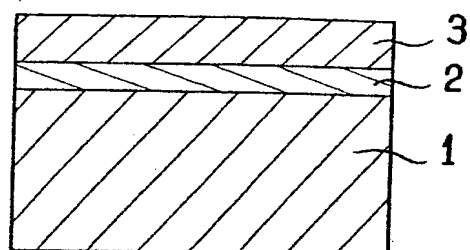


FIG. 2b

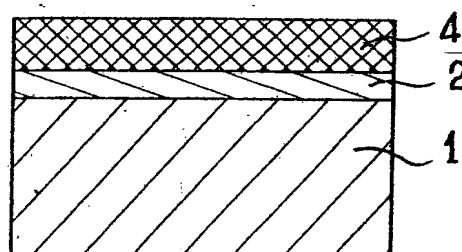


FIG. 2c

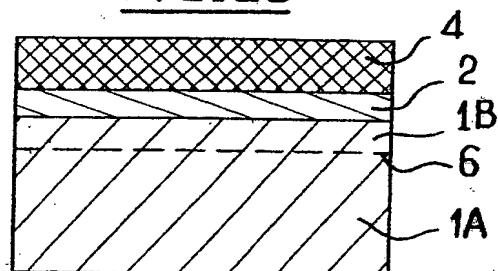


FIG. 2d

FIG. 2e

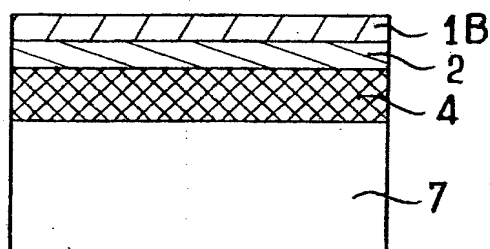
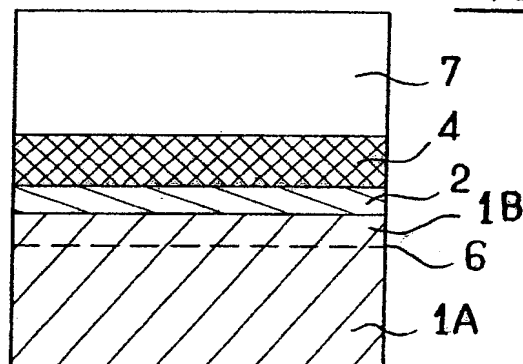


FIG. 2f

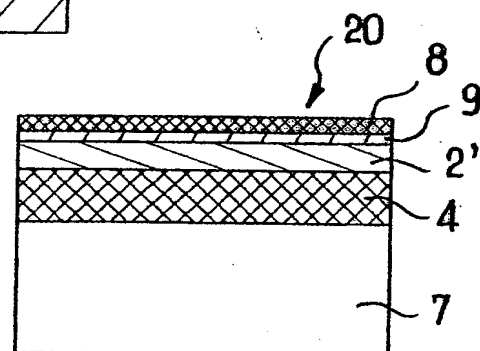


FIG. 2g

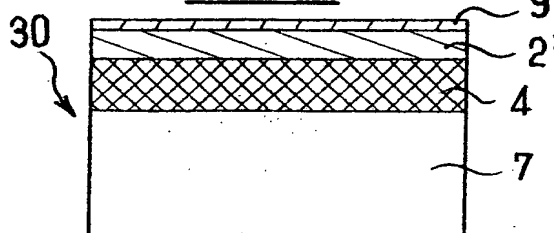


FIG. 2h

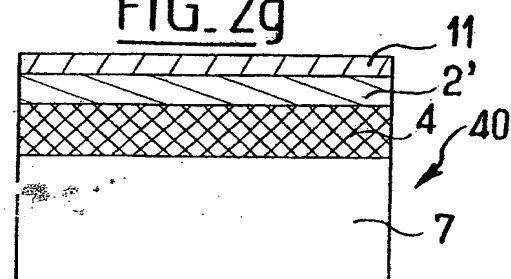


FIG. 2i

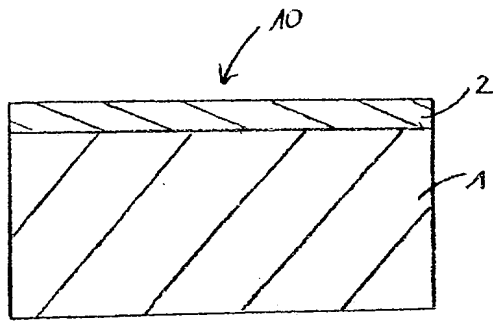


Fig. 3a

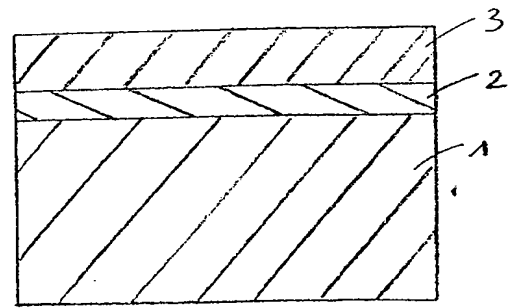


Fig. 3b

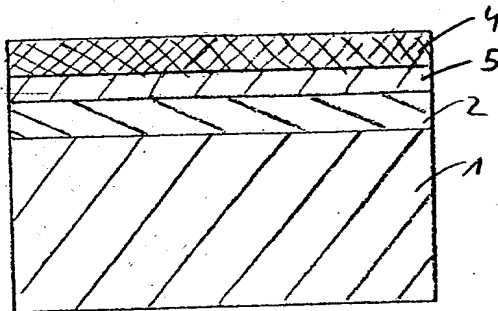


Fig. 3c

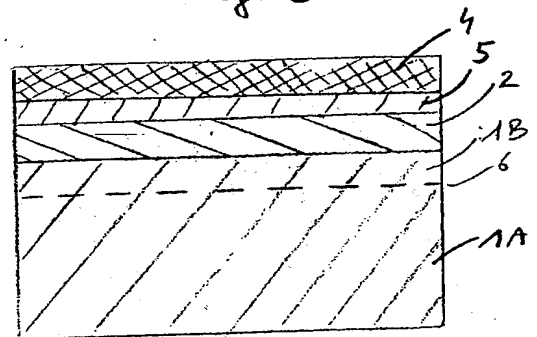


Fig. 3d

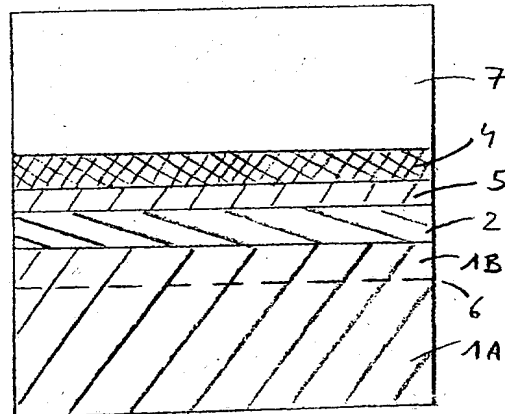


Fig. 3e

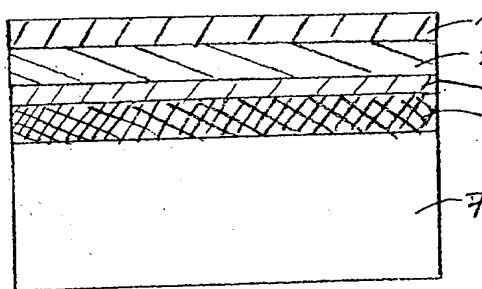


Fig. 3f

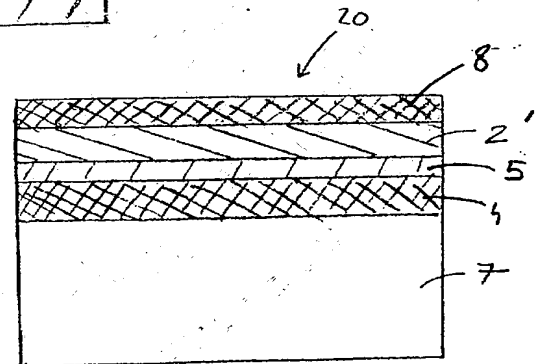


Fig. 3g

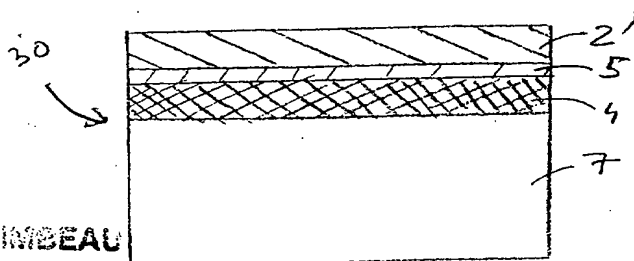


Fig. 3h

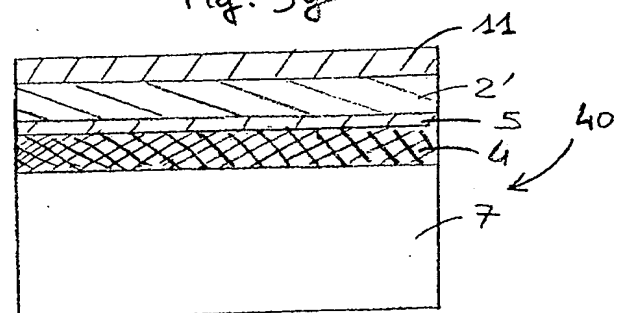


Fig. 3i

3/6

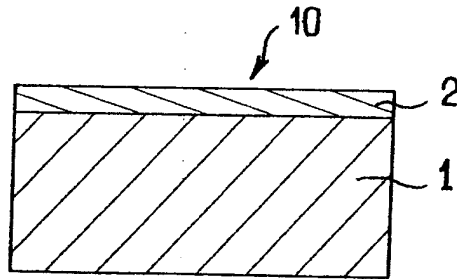


FIG. 3a

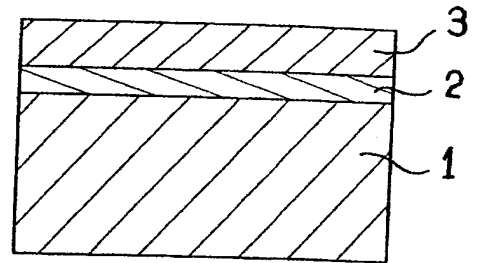


FIG. 3b

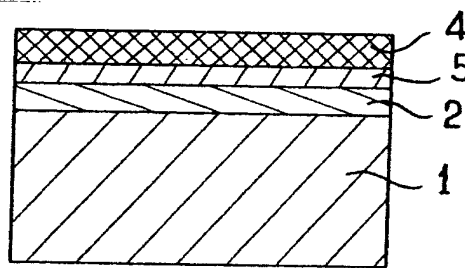


FIG. 3c

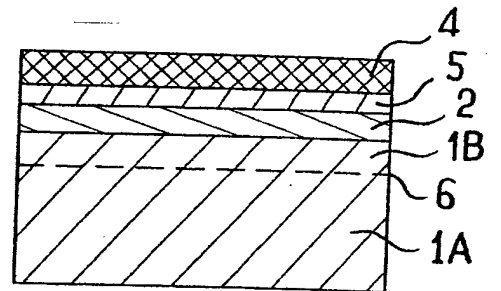


FIG. 3d

FIG. 3e

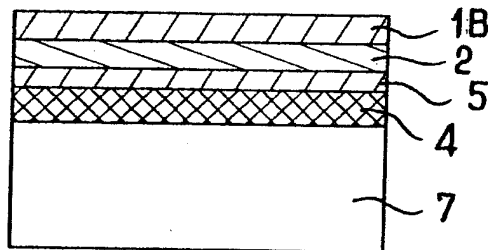
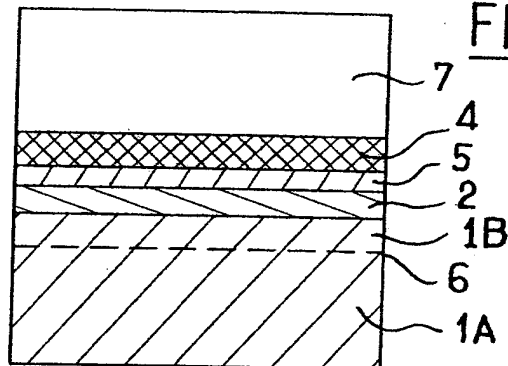


FIG. 3f

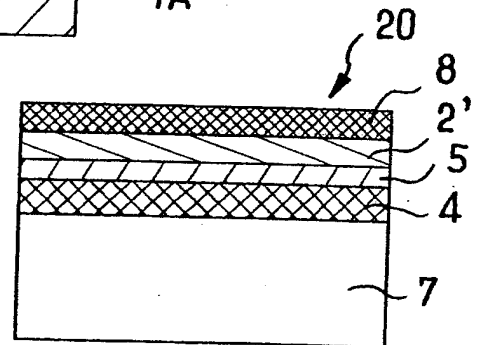


FIG. 3g

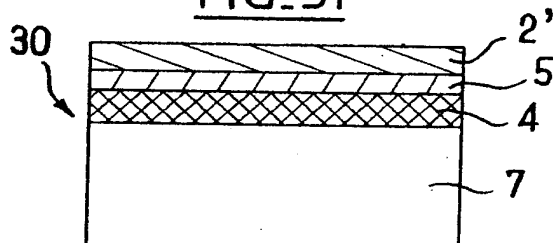


FIG. 3h

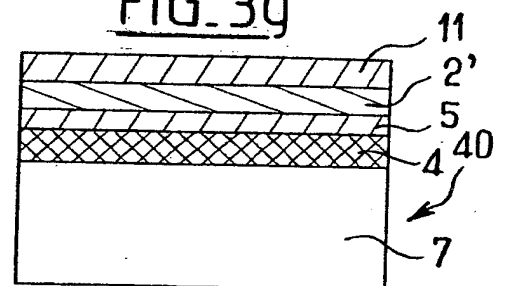


FIG. 3i

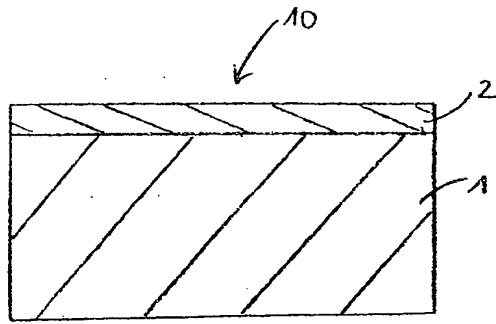


Fig. 4a

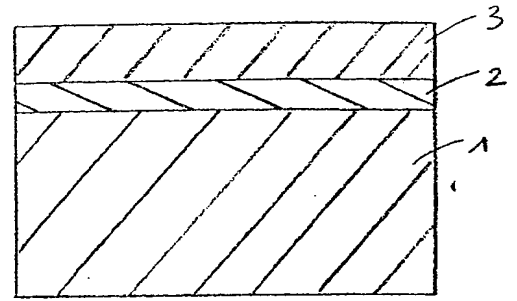


Fig. 4b

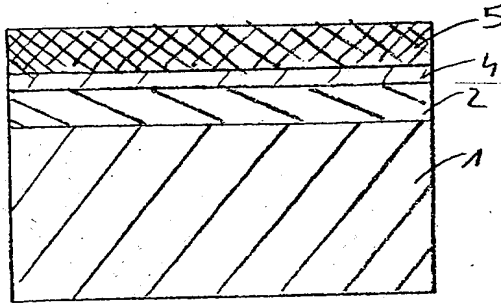


Fig. 4c

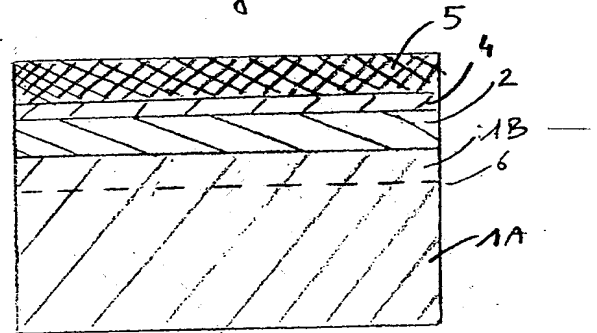


Fig. 4d

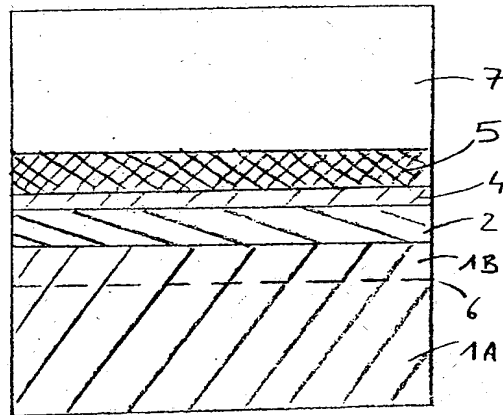


Fig. 4e

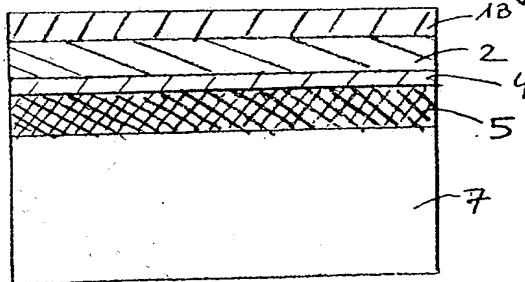


Fig. 4f

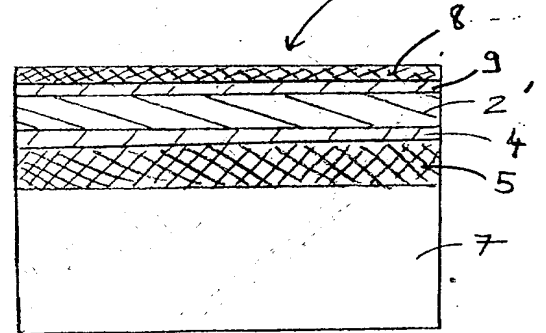


Fig. 4g

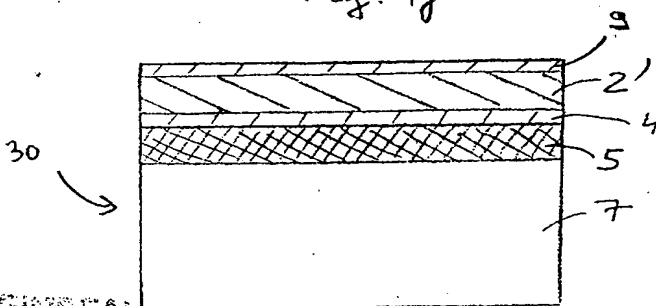


Fig. 4h

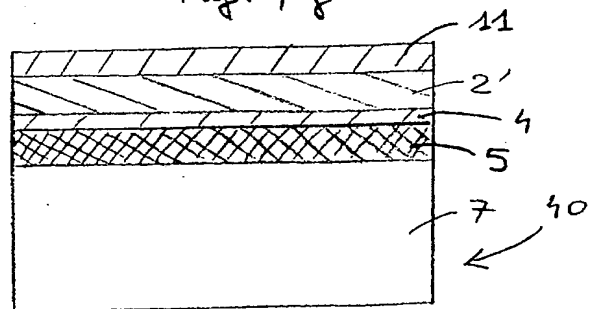


Fig. 4i

4/6

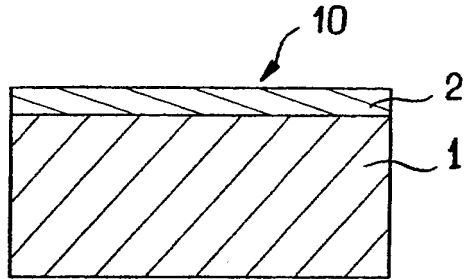


FIG. 4a

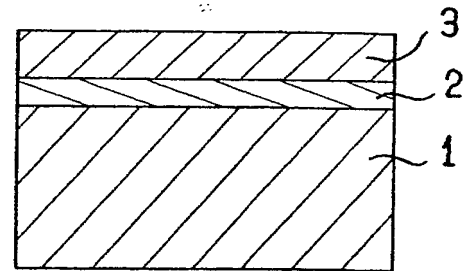


FIG. 4b

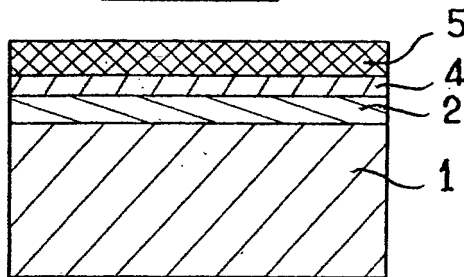


FIG. 4c

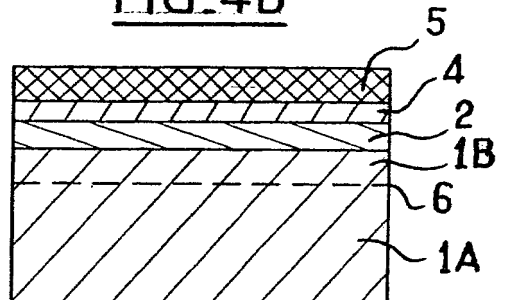


FIG. 4d

FIG. 4e

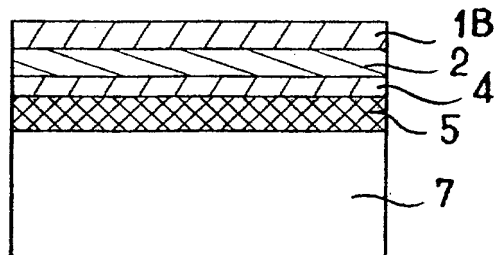
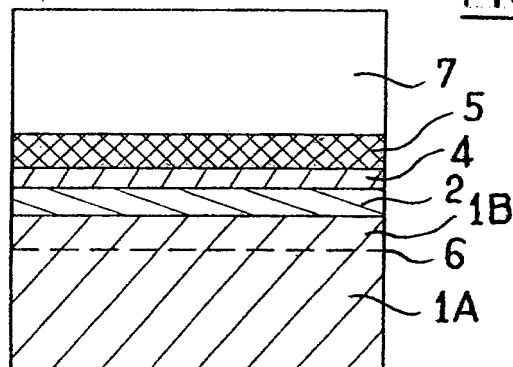


FIG. 4f

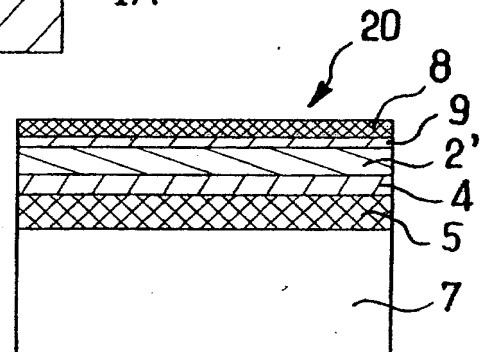


FIG. 4g

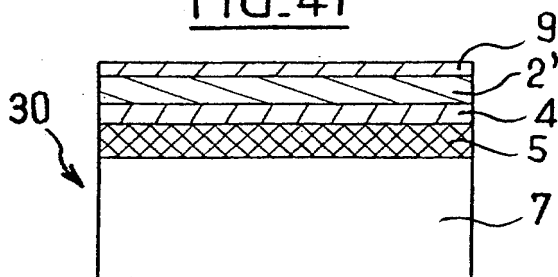


FIG. 4h

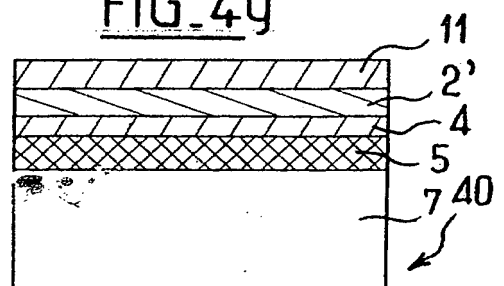


FIG. 4i

4/6

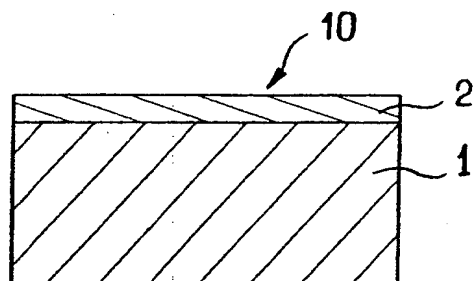


FIG. 4a

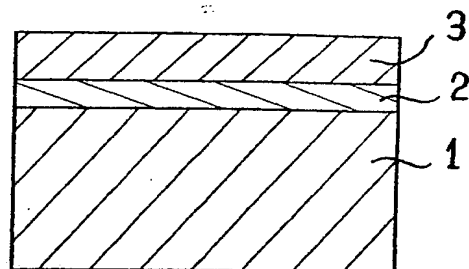


FIG. 4b

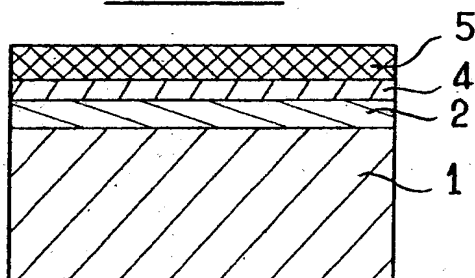


FIG. 4c

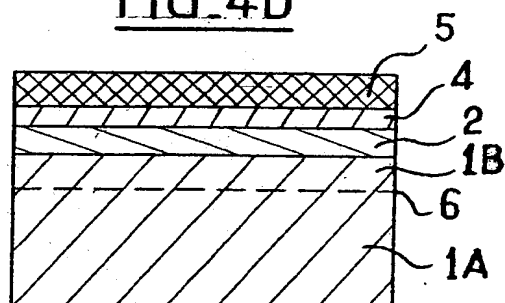


FIG. 4d

FIG. 4e

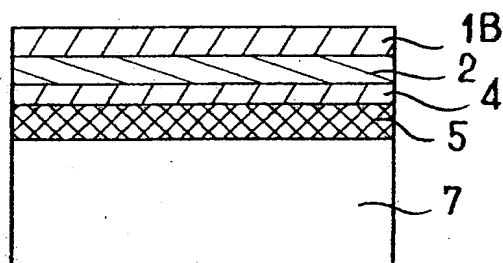
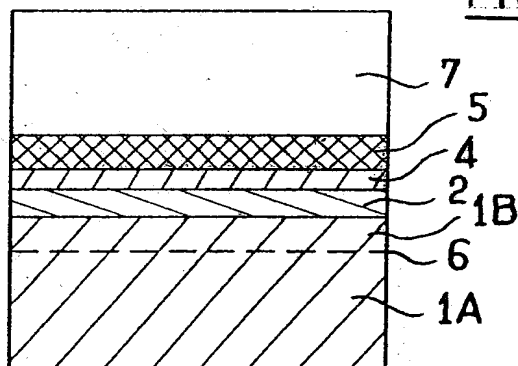


FIG. 4f

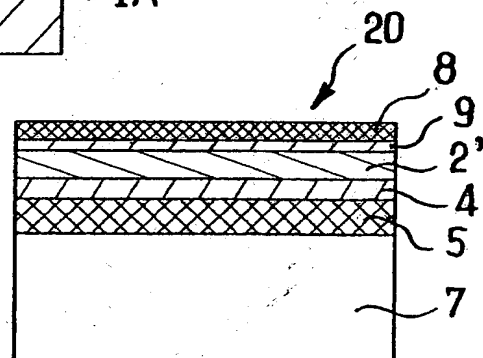


FIG. 4g

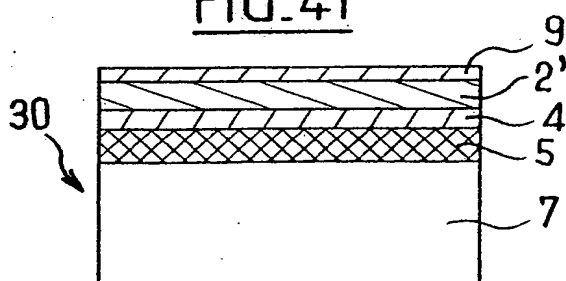


FIG. 4h

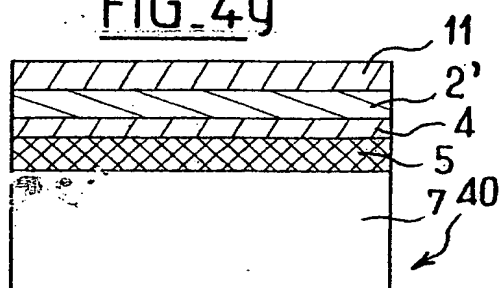


FIG. 4i

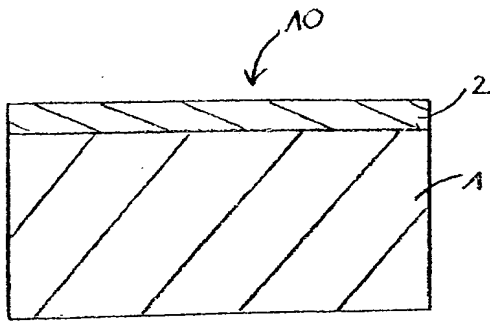


Fig. 5a

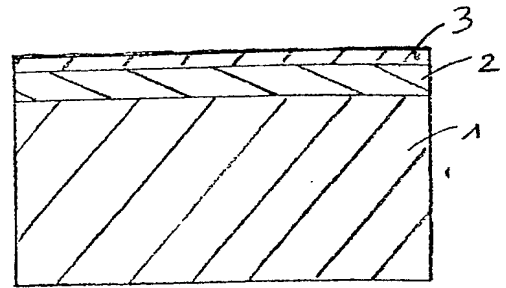


Fig. 5b

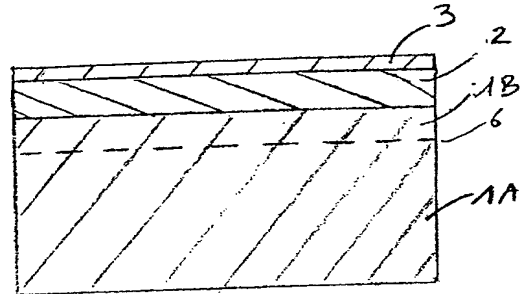


Fig. 5c

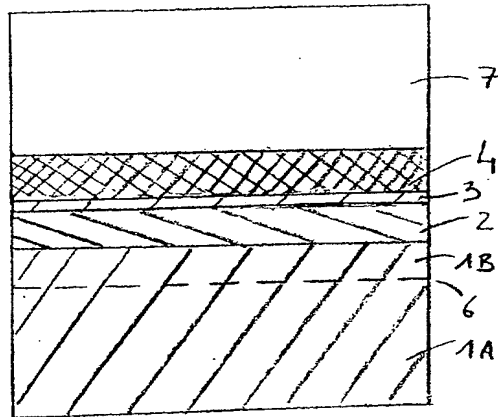


Fig. 5d

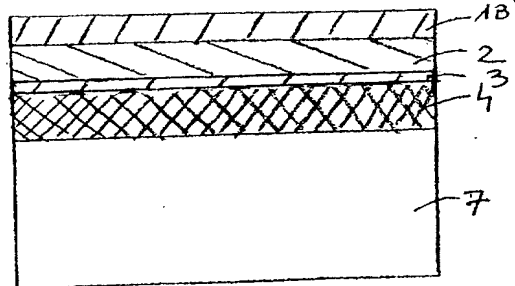


Fig. 5e

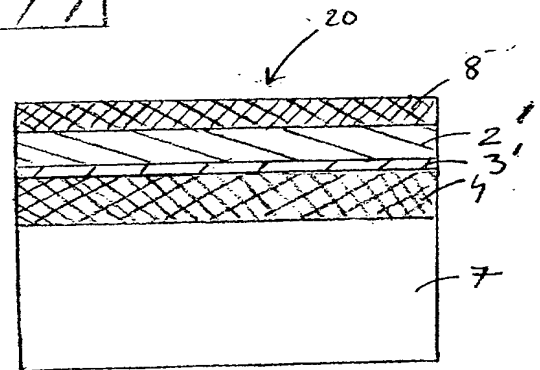


Fig. 5f

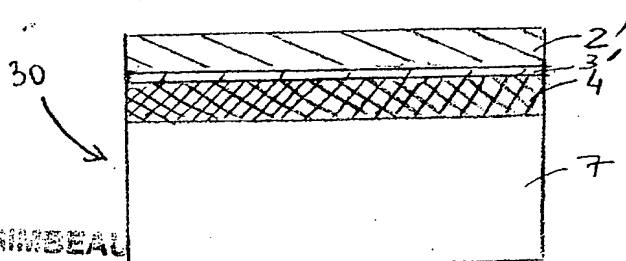


Fig. 5g

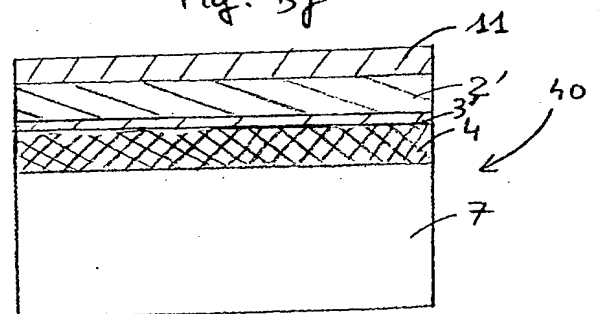


Fig. 5h

5 / 6

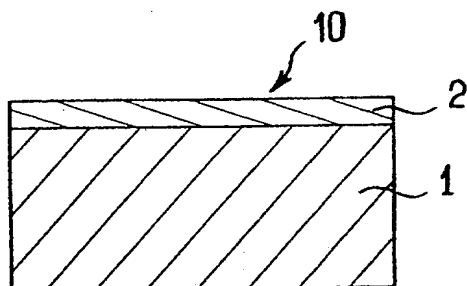


FIG. 5a

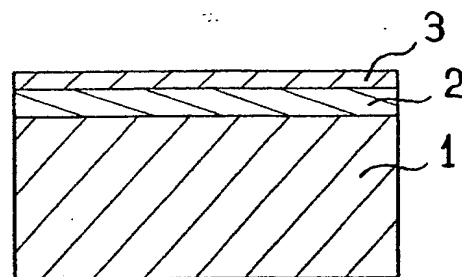


FIG. 5b

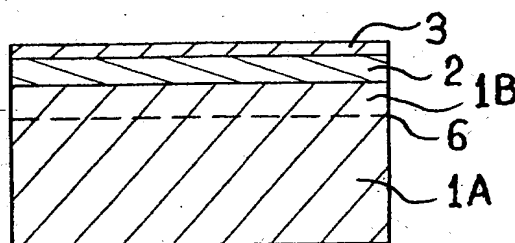


FIG. 5c

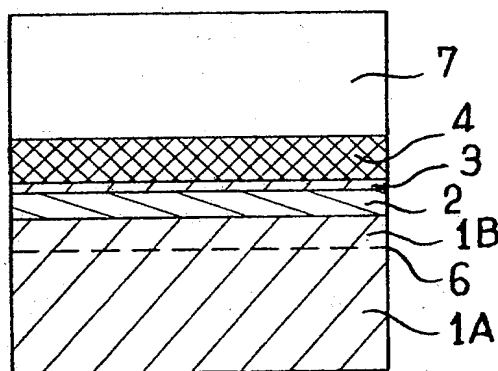


FIG. 5d

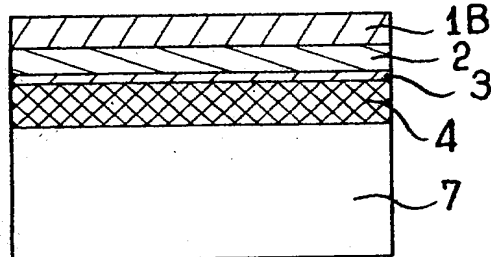


FIG. 5e

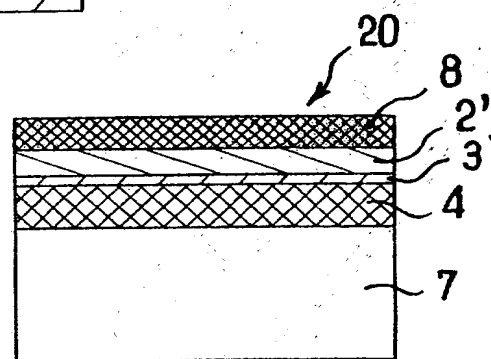


FIG. 5f

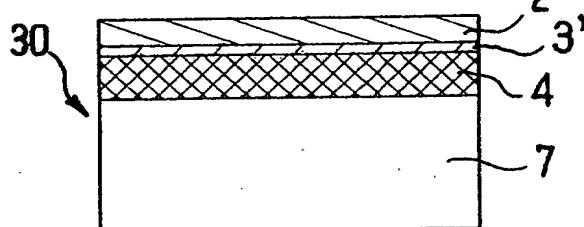


FIG. 5g

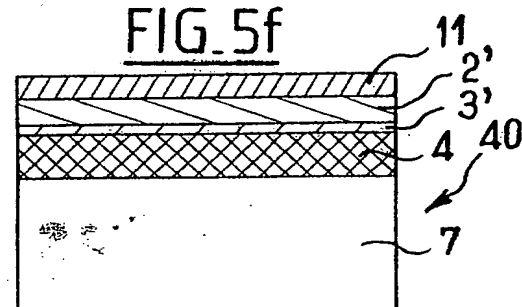


FIG. 5h

5/6

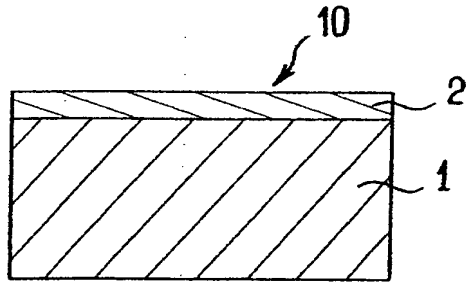


FIG. 5a

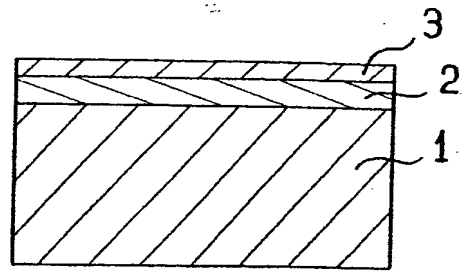


FIG. 5b

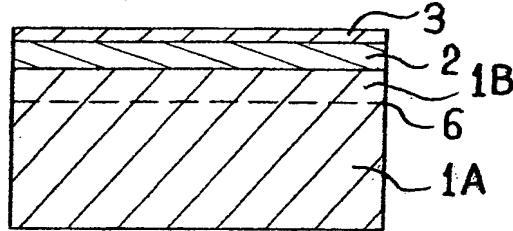


FIG. 5c

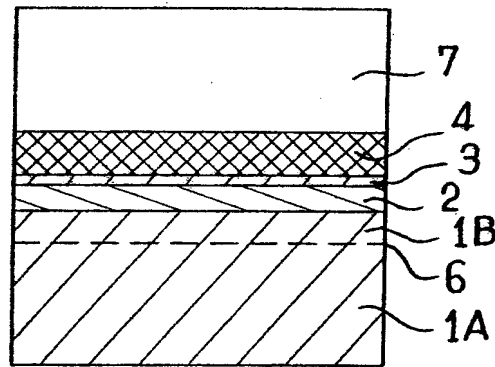


FIG. 5d

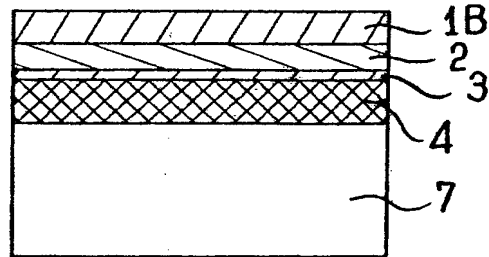


FIG. 5e

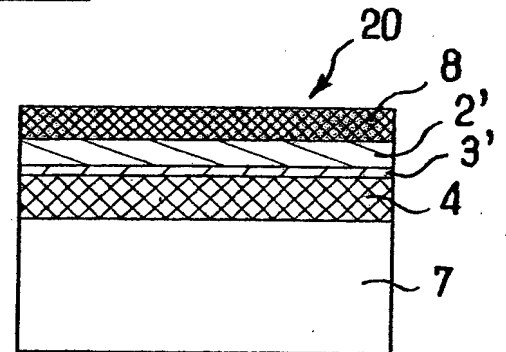


FIG. 5f

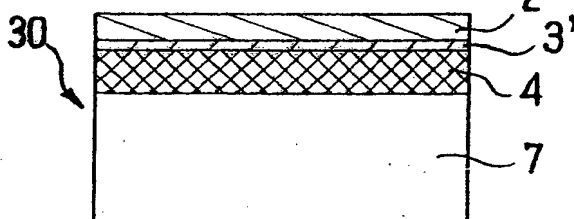


FIG. 5g

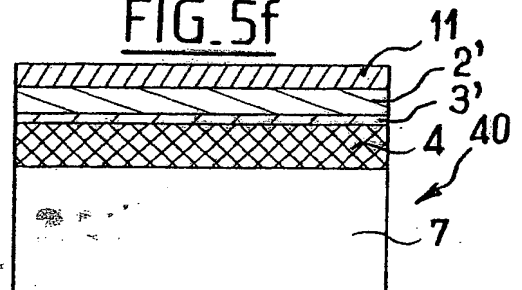


FIG. 5h

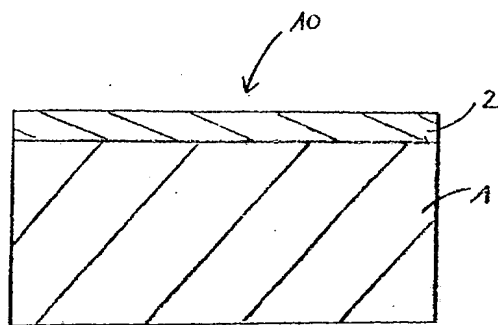


Fig. 6a

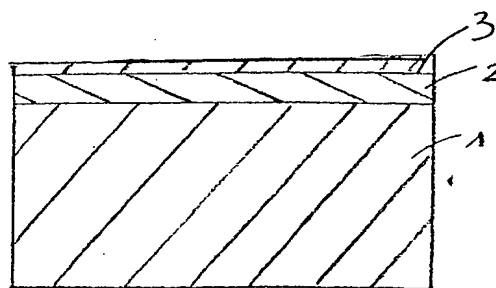


Fig. 6b

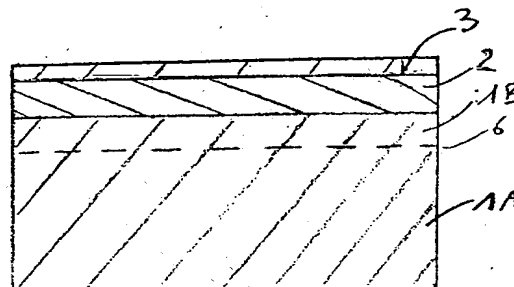


Fig. 6c

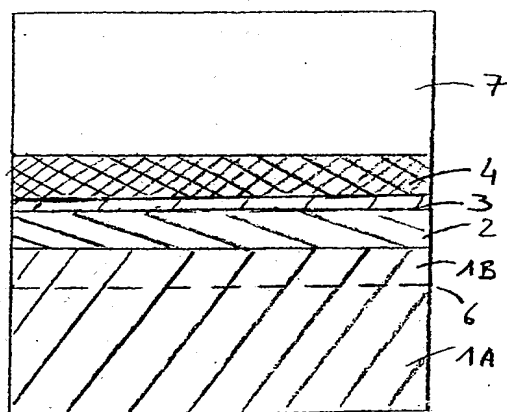


Fig. 6d

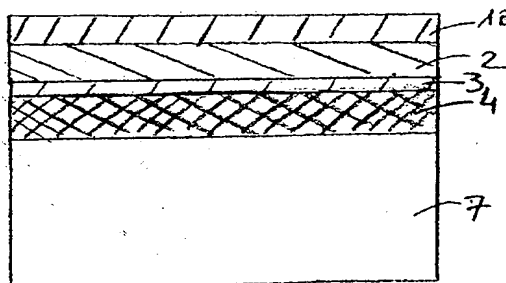


Fig. 6e

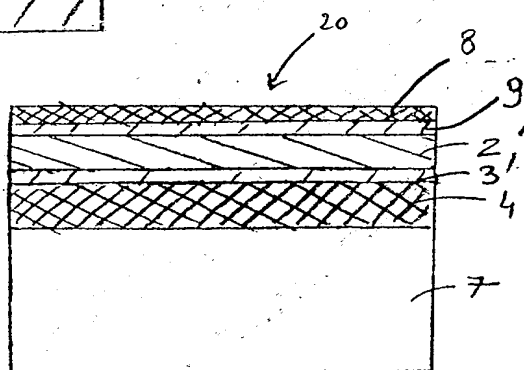


Fig. 6f

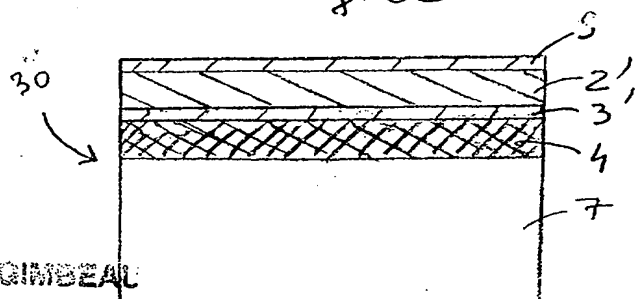


Fig. 6g

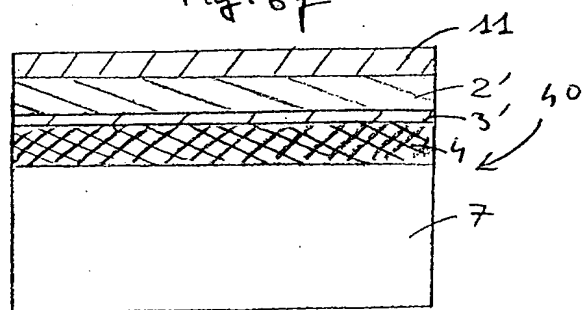


Fig. 6h

6/6

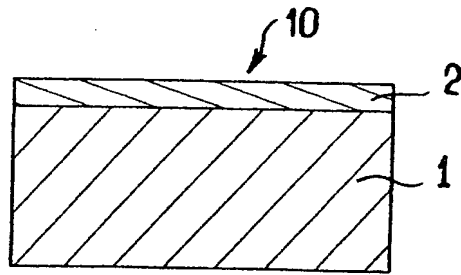


FIG. 6a

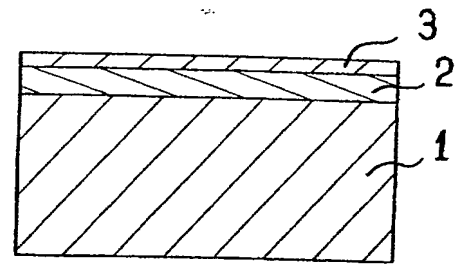


FIG. 6b

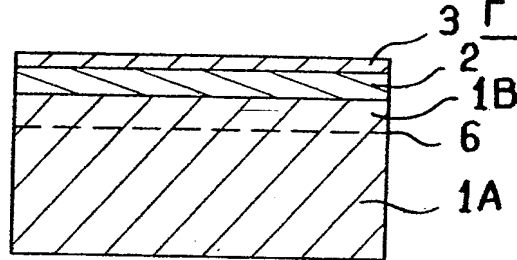


FIG. 6c

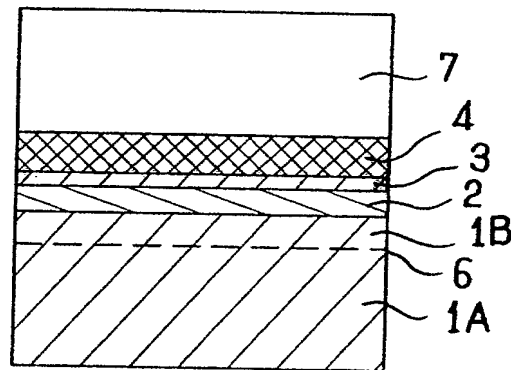


FIG. 6d

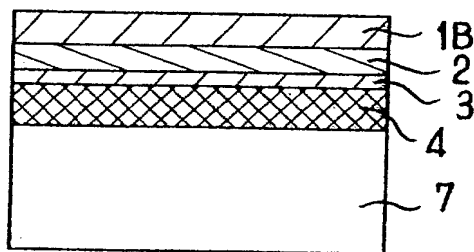


FIG. 6e

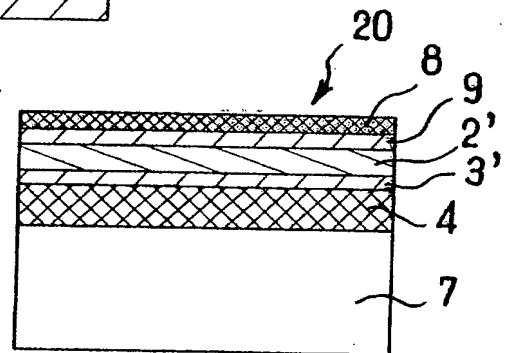


FIG. 6f

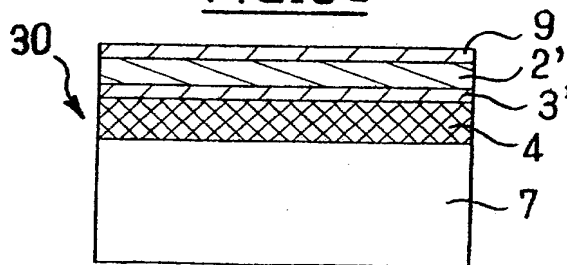


FIG. 6g

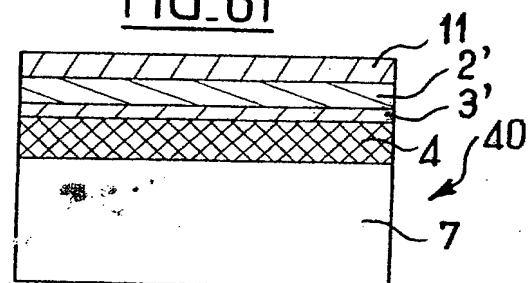


FIG. 6h

6/6

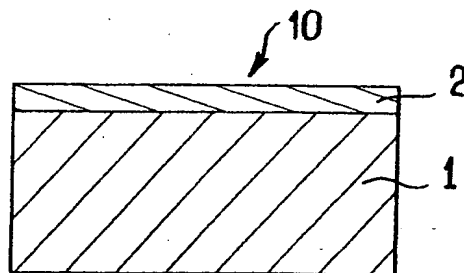


FIG. 6a

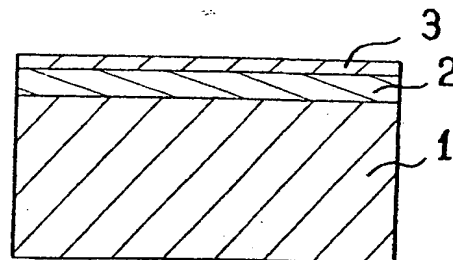


FIG. 6b

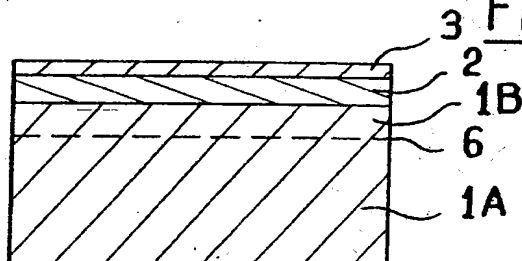


FIG. 6c

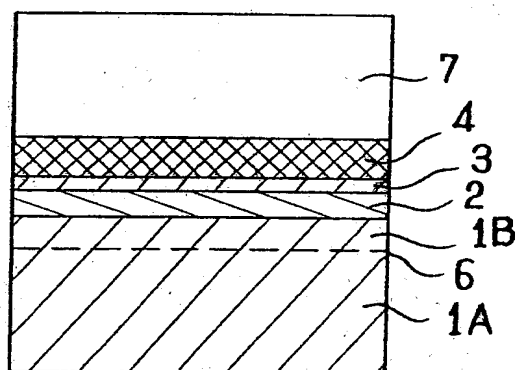


FIG. 6d

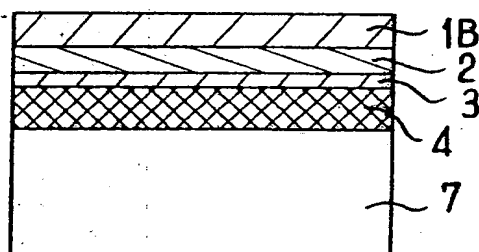


FIG. 6e

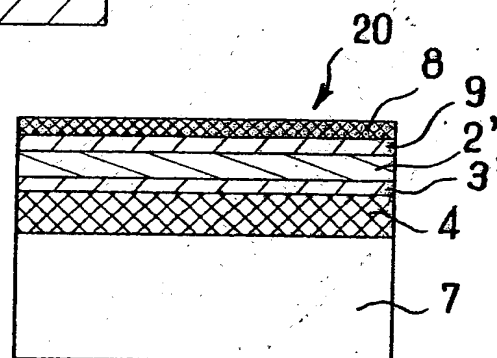


FIG. 6f

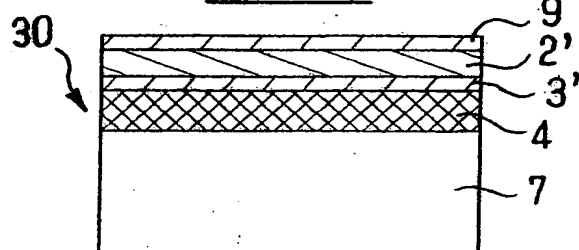


FIG. 6g

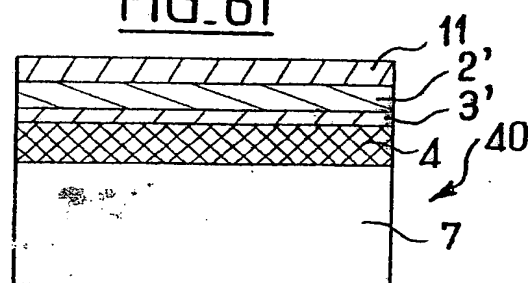


FIG. 6h

**BREVET D'INVENTION****CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1.../1...

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 270601

| | | |
|---|----------------------|----------------------------------|
| Vos références pour ce dossier (facultatif) | | 240390 OC |
| N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL | | 0302518 |
| TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) | | |
| RELAXATION D'UNE COUCHE MINCE APRES TRANSFERT. | | |
| LE(S) DEMANDEUR(S) : | | |
| S.O.I.TEC SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES : Parc Technologique des Fontaines - Chemin des Franques, 38190 BERNIN - FRANCE | | |
| DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : | | |
| 1 | Nom | GHYSELEN Bruno |
| | Prénoms | |
| Adresse | Rue | 58, rue Georges Maeder |
| | Code postal et ville | 38170 SEYSSINET-PARISSET FR |
| Société d'appartenance (facultatif) | | |
| 2 | Nom | MAZURE Carlos |
| | Prénoms | |
| Adresse | Rue | 357, route de Saint-Pancrasse |
| | Code postal et ville | 38330 SAINT-NAZAIRE LES EYMES FR |
| Société d'appartenance (facultatif) | | |
| 3 | Nom | ARENE Emmanuel |
| | Prénoms | |
| Adresse | Rue | 1 Clos des Franquières |
| | Code postal et ville | 38330 BIVIERS FR |
| Société d'appartenance (facultatif) | | |
| S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages. | | |
| DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) | | |
| 28/02/2003 92-1142 | | |